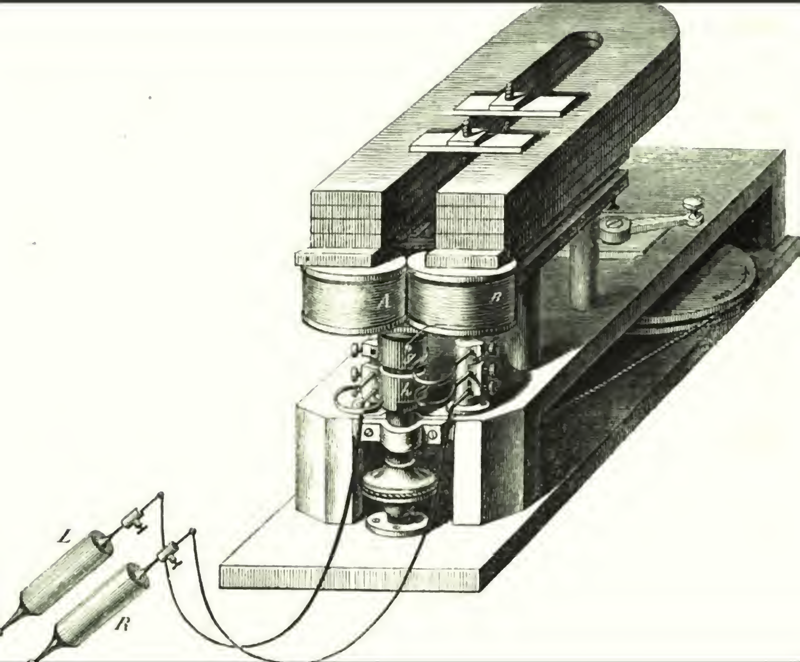


Der elektromagnetische Telegraph in den ...

Heinrich Schellen, Burndy Library

Harvard

Der

elektromagnetische Telegraph.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

Der

elektromagnetische Telegraph

in

den Hauptstadien seiner Entwickelung

und in seiner

gegenwärtigen Ausbildung und Anwendung,

nebst einer kurzen Einleitung über

die optische und akustische Telegraphie

und einem Anhange über

den gegenwärtigen Betrieb der elektrischen Uhren.

Für das gebildete Publikum, Freunde der Physik, angehende Telegraphen-Beamten und Techniker

bearbeitet

von
(Thomas Joseph) Heinrich
Dr. H. Schellen.
Director der Real- und Provinzial-Gewerbe-Schule zu Münster.

Zweite
ganz umgearbeitete und den neuesten Zuständen des Telegraphen-Wesens angepaßte Ausgabe.

Mit 139 in den Text eingedruckten Holzschnitten.

Braunschweig,

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.

1854.

Vorwort.

»Die Zeiten, wo das nicht wissenschaftlich gebildete Publicum sich damit begnügte, die auf dem Gebiete der Wissenschaft und der Kunst ans Wunderbare gränzenden Erscheinungen bloß anzustaunen, ohne den Versuch zu machen, in ein Verständniß jener unglaublichen Phänomene einzudringen, sind vorüber. Die Neugierde desselben hat sich in eine Wißbegierde umgewandelt. Gegenwärtig begnügt sich der intelligente Laie nicht mehr damit, den durch die Luft ausgespannten Draht bloß neugierig zu betrachten, oder über das Signalgeläute zu erstaunen, welches, durch unsichtbare Hände hervorgerufen, mit Einem Schlage längs einer Eisenbahnlinie ertönt, um das Herannahen eines Zuges vorher zu verkündigen; auch giebt er sich nicht zufrieden, wenn er den elektrischen Telegraphen selbst zu sehen bekommt, über die Bewegung des herumeilenden Zeigers, oder das Ertönen der Weckerglocke, oder den Abdruck einer ankommenden Depesche in Bewunderung auszubrechen: sein Forschen ist auf das Getriebe im Innern der Apparate gerichtet; dorthinein möchte er den Blick versenken, um die Bestimmung, die Anordnung und das Ineinandergreifen der einzelnen Theile des Mechanismus zu erfassen und sich Kunde zu verschaffen über die Wirkungsweise des geheimnißvollen Agens, welches, an dem einen Endpunkte eines Welttheiles entsendet, mit Blitzesschnelle forteilt und die wunderbarsten und kräftigsten Bewegungen an dem entgegengesetzten Punkte hervorbringt.«

So schrieb der Verfasser vor drei Jahren als Einleitung zu der ersten Auflage der vorliegenden Schrift, und er trägt um so weniger Bedenken, diese Worte gegenwärtig zu wiederholen, als der Erfolg es bewiesen hat, daß er sich über den Wissensdrang des gebildeten Publicums und dessen Interesse für das Telegraphenwesen nicht getäuscht hat. Letzteres hat inzwischen mehrfache Fortschritte gemacht; von den in der ersten Auflage beschriebenen Apparaten haben mehrere wesentliche Abänderungen in der Construction erhalten, andere sind als unpraktisch ganz abgeschafft worden, neue Einrichtungen sind an ihre Stelle getreten und nur Weniges von dem daselbst Beschriebenen ist ganz unverändert geblieben.

Schon aus diesen Rücksichten mußte die neue Auflage vielfache Abänderungen erfahren, wenn sie ihren Zweck, den gegenwärtigen Betrieb der elektrischen Telegraphen darzustellen, erreichen wollte. Ein anderer Grund kam hinzu, um den Verfasser zu einer gänzlichen Umänderung des in der ersten Auflage gebotenen Materials zu bestimmen.

Die erste Auflage erschien zu einer Zeit, wo selbst die Telegraphen-Beamten mit dem Mechanismus der Apparate und der zu ihrem Betriebe erforderlichen Batterien und Leitungen nur wenig vertraut waren. Die Eile, mit welcher überall neue Linien errichtet werden mußten, ließ eine systematische Einübung und Belehrung des Dienstpersonals Seitens der Verwaltung nicht zu, sowie die Nothwendigkeit, die von den eingezogenen optischen Telegraphen kommenden Beamten auf den neuen Linien unterzubringen, wenig dazu geeignet war, dem neuen Dienste ausschließlich tüchtige Arbeiter zuzuführen.

Unter solchen Umständen mußte der Verfasser bei der Bearbeitung der ersten Auflage sowohl bei der Beschreibung der Apparate, als ganz besonders bei den einleitenden Belehrungen über Elektricität, Galvanismus, Elektro-Magnetismus, über galvanische Batterien, Leitungen, Widerstände u. s. w. ein Publicum vor Augen halten, welches mit den genannten physikalischen Erscheinungen so gut wie gar nicht bekannt war, und er konnte sein Buch einrichten, daß es ebenso gut brauchbar war für das Selbststudium des praktischen Telegraphisten, wie des intelligenten Liebhabers der Physik.

Diese Zustände haben sich seitdem auf der einen Seite wesentlich geändert. Durch eine umsichtige Verwaltung und unter anerkennenswerthen Anstrengungen von Seiten der Telegraphen-Direc-

toren, welche unausgesetzt bemüht gewesen sind, durch Instructionen und Unterweisungen jeder Art die Beamten über ihre Apparate und deren Motoren zu unterrichten, hat sich der Stand der Telegraphisten zu einem intelligenten Stande erhoben, und es wird nicht lange mehr dauern, daß sich derselbe den anderen technischen Ständen als ebenbürtig kühn an die Seite stellen darf. Man kann jetzt, ohne zu irren, annehmen, daß die Telegraphen-Beamten mit dem Mechanismus ihrer Apparate vollkommen und mit den einschlägigen physikalischen Gesetzen und Erscheinungen wenigstens einigermaßen vertraut sind.

Ein Gleiches kann gegenwärtig von dem gebildeten Publicum noch nicht gesagt werden; der größte Theil desselben ist vielmehr über diese Gegenstände nur sehr wenig unterrichtet Wenn auch Einzelne hier und da eine ungefähre Anschauung von dem Apparaten-Mechanismus oder eine oberflächliche Kenntniß von der Batterie, dem galvanischen Strome und der Leitung besitzen· eine tiefere Einsicht in das Wirken des Stromes, ein eigentliches Verständniß der die Stärke der Ströme bedingenden Verhältnisse, des Leitungswiderstandes, der Erdplatten und der Erdleitung u. s. w. ist sehr selten vorhanden.

Aus diesen Gründen hat der Verfasser bei der Ausarbeitung der zweiten Auflage den früher verfolgten Doppelzweck aufgegeben und vorzugsweise die Letzteren, die große Classe der intelligenten Liebhaber berücksichtigt, welche die Physik und die Mechanik weniger als Wissenschaft und als Kunst, noch als Grundlage ihres Gewerbes behandeln, als vielmehr vermöge eines rühmlichen Strebens nach vielseitiger Entwicklung des eigenen Geistes stets eifrig bemüht sind, mit den Erzeugnissen fremden Nachdenkens und fremden Arbeitens Bekanntschaft zu unterhalten. Für diese Letzteren blieb es nöthig, bei der Beschreibung der einzelnen Classen der elektro-telegraphischen Vorrichtungen aus dem Gebiete der Physik diejenigen Grunderscheinungen und Hauptgesetze aufzunehmen, aus denen die Erfindung jener Apparate hervorgegangen ist und auf denen die Erklärung ihrer Wirkungsweise beruht. Auch blieb durch diese Rücksicht eine gemeinverständliche Ausdrucksweise geboten und bei der Beschreibung und Abbildung der Apparate derjenige Weg vorgezeichnet, welcher sich zwischen einer rein kunstgemäß-technischen Darstellung und der populären, bloß eine allgemeine Anschauung gewährenden Ausführung hindurchwindet.

Daß eben hierdurch die vorliegende Schrift zugleich für den Unterricht der angehenden Telegraphisten, sowie derjenigen Beamten, welche sich über den Kreis ihres eigenen Betriebs-Apparates hinaus auch mit den in anderen Ländern oder zu anderen Zwecken gebräuchlichen elektro-telegraphischen Vorrichtungen bekannt machen wollen, besonders geeignet ist, bedarf keines weiteren Nachweises.

Durch eine starke Reduction desjenigen Materials, welches bloß auf den geschichtlichen Entwickelungsgang der Telegraphie Bezug hat, wurde nicht nur für eine umfassende Darstellung der gegenwärtigen Betriebsverhältnisse Raum gewonnen, sondern es konnte auch ein mehr geordneter und übersichtlicher Gang erzielt werden.

Die vielfachen Verbindungen des Verfassers mit Telegraphen-Beamten, Telegraphen-Constructeurs und praktischen Telegraphisten des In- und Auslandes haben es ihm möglich gemacht, den beschreibenden Text durch die genauesten, nach der Natur gezeichneten Abbildungen der gegenwärtig angewandten Apparate zu erläutern. Die Verlagshandlung hat das Verdienst, daß sie mit bekannter Liberalität und mit bedeutendem Kostenaufwande die zahlreichen, zum Theil sehr verwickelten Abbildungen von den ausgezeichnetsten Künstlern in Holz stechen ließ und es dadurch ermöglichte, daß sie zur großen Erleichterung des Verständnisses und zur Bequemlichkeit des Lesers in den Text eingedruckt werden konnten.

Schließlich fühlt sich der Verfasser verpflichtet, allen Denjenigen, welche ihn durch Mittheilung von Zeichnungen und anderem Material bei der Abfassung der vorliegenden Schrift unterstützt haben, besonders aber den Herren Linien-Inspector Meyer, Prof. Dr. Steinheil, Siemens und Halske, Stöhrer, Dr. Kramer, Breguet seinen lebhaftesten Dank abzustatten.

Münster, 1. September 1854.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichniß.

Erste Abtheilung.

Die Telegraphie bis zu der Anwendung der elektrischen Telegraphen.

A. Einleitung

B. Die optische Telegraphie.

C. Die akustische Telegraphie.

Zweite Abtheilung.

Die elektrische und elektro-magnetische Telegraphie.

Erster Abschnitt.

Die Motoren und die Gesetze der den Betrieb der Telegraphen vermittelnden Kräfte.

A. Die wichtigsten Erscheinungen und Gesetze der Reibungs-Elektricität.

B. Der Galvanismus in seiner Anwendung auf die Telegraphie.

C. Der Elektro-Magnetismus in seiner ersten Anwendung auf die Telegraphie.

Vierter Abschnitt.

Die elektrischen Telegraphen in ihrem gegenwärtigen Betriebe.

A. Die Nadel-Telegraphen.

B. Die Zeiger- oder die rotirenden Telegraphen.

C. Die Druck-Telegraphen.

1. Der Morse'sche Telegraph ohne Uebertrager.

2. Der Morse'sche Telegraph mit Uebertrager.

Erste Abtheilung.

Die Telegraphie bis zu der Anwendung der elektrischen Telegraphen.

A. Einleitung.

1. **Begriff und Aufgabe der Telegraphie.** Mittheilung im allgemeinsten Sinne des Wortes ist das große Band, welches sowohl die einzelnen Organe eines lebenden Wesens unter einander und mit ihrem Central-Organe, als auch die lebenden Geschöpfe selbst mit einander verbindet und sie zu den äußeren Erscheinungen des Alls in Beziehung setzt. »Nirgends drängt uns die Natur mehr Staunen auf, als in der Betrachtung ihres Reichthums, um diesen Zweck der allgemeinen, wechselseitigen Verständigung zu erreichen. Von den unenträthselten Hieroglyphen-Zeichen der Insectenwelt bis hinauf zu der entwickelten Sprache des Menschen erblicken wir eine Reihe der mannigfaltigsten Möglichkeiten des wechselseitigen Verstehens.«

So verschiedenartig aber auch die einzelnen Arten der Mittheilung sein mögen, die Perception des Mitgetheilten geschieht immer auf einem allen Geschöpfen gemeinsamen Wege. Wie nämlich bei den vollkommneren Wesen durch das künstliche Gewebe der Nerven, und bei den niedrigsten Thiergattungen, bei denen der Körper noch ganz Nervenmasse ist, durch diese letztere sich die Willensäußerungen momentan den einzelnen functionirenden Körpertheilen mittheilen: so gelangen auch umgekehrt alle Eindrücke der Außenwelt auf demselben Wege zum Bewußtsein des Organismus. Alle Mittheilungen geschehen daher durch Affection der einzelnen Sinne. Sie ist am vollkommensten bei dem Menschen in der unmittelbaren Uebertragung der Gedanken durch die Sprache und in der mittelbaren Fortpflanzung derselben, nachdem sie durch die Schrift fixirt worden sind.

Die Mittheilung der Gedanken auf dem Wege der Sprache geschieht nun zwar sehr schnell, reicht aber nur auf kleine Entfernungen. Mit der Entwickelung des menschlichen Geschlechtes und seiner Gestaltung zu geselligen und staatlichen Verbänden trat alsbald das Bedürfniß hervor, auch auf große Entfernungen ein gegenseitiges Verständniß herbeizuführen und überhaupt die Mittheilung der Gedanken von der Entfernung möglichst unabhängig zu machen; eine solche Mittheilungsweise wurde Telegraphie, Fernschrift genannt.

Das allgemeinste Problem der Telegraphie besteht also darin, eine jede Gedankenreihe möglichst schnell, auf beliebig weit entfernte Strecken, zu jeder beliebigen Zeit zu übertragen, und es lassen sich die Versuche, welche der erfinderische Geist des Menschen von den ältesten Zeiten bis auf unsere Tage hinab zur Lösung dieser Aufgabe und zur Herstellung telegraphischer Vorrichtungen gemacht hat, füglich in drei Classen bringen; sie bezwecken nämlich

a. eine unmittelbare Wirkung auf das Gesicht (optische Telegraphie), oder
b. eine unmittelbare Wirkung auf das Gehör (akustische Telegraphie), oder
c. eine mittelbare Einwirkung auf beide Sinne mittelst der Elektricität, des Galvanismus oder des Elektro-Magnetismus (elektrische Telegraphie).

B. Die optische Telegraphie.

2. **Signalfeuer der Alten.** Schon bei den ältesten Völkern finden sich Spuren von telegraphischen Mittheilungen, die freilich in Ermangelung aller optischen Kenntnisse nur höchst roh und unvollkommen waren und, bloß aus einfachen Signalfeuern bestehend, dazu dienten, nach vorhergegangenen Verabredungen gewisse wichtige Ereignisse, z. B. das Anrücken des Feindes, einen errungenen Sieg u. dergl., aus der Ferne anzuzeigen. So gelangte, wie aus dem zweiten Acte des »Agamemnon« des Aeschylos hervorgeht, die Nachricht von dem Falle Trojas durch neun Feuerstationen hindurch noch in derselben Nacht nach Argos, wo Klytämnestra, die Gemahlin Agamemnons, der Mittheilung dieses Ereignisses seit Jahren geharrt hatte. Diese Feuersignale waren nicht bloß im hohen Alterthume im Gebrauche; ihre Anwendung hat sich vielmehr nach Vervollkommnung der telegraphischen Methoden bis auf unsere Zeit erhalten, wo sie in manchen Gebirgsgegenden (der Schweiz, Schottland u. a.) dazu dienen, irgend ein bedeutendes Ereigniß zu verkündigen oder das ganze Land durch die gleichzeitig auflodernden Bergfeuer in wenigen Augenblicken unter die Waffen zu rufen.

Nach Herodot (Buch III., Cap. 98) hatten die Perser eine Telegraphenlinie nach Art einer Posteinrichtung mit Stationen angelegt, und in Griechenland ließ sich König Perseus durch brennende Fackeln alle wichtigen Ereignisse nach Macedonien melden. Die Römer haben um diese Zeit von den telegraphischen Correspondenz-Methoden nur wenig Gebrauch gemacht.

Noch in neuerer Zeit sind solche Feuersignale an den großen Strömen, z. B. vor 20 Jahren von Wien aus an der Donau, auf viele Meilen Entfernung eingerichtet worden. Die Aufgabe dieser telegraphischen Stationen bestand bis auf die neuere Zeit darin, den Zustand des Eisganges und der Hochwasser, welche unter gewissen Umständen den Bewohnern Wiens sehr gefährlich werden, bei Tage durch dichte Rauchsäulen, bei Nacht durch grell leuchtende chemische Feuer von Station zu Station zu berichten. Gegenwärtig wird diese Feuertelegraphen-Linie aufgehoben und durch einen elektrischen Telegraphen ersetzt.

3. Fackel-Telegraphie der Griechen. Am ausgebildetsten scheint das 450 Jahre v. Chr. in Griechenland angewandte und von Polybius und Julius Africanus beschriebene telegraphische System der Signalfeuer und Signalfackeln gewesen zu sein.

Nach Polybius' Darstellung (Buch X., Cap. 45—47) bestand die Methode der Fackeltelegraphie in folgender Einrichtung: Auf jeder Station befand sich eine in 25 quadratische Felder eingetheilte Tafel; jedes Feld enthielt einen Buchstaben, welche also in fünf verticale Columnen so vertheilt waren, daß in jeder Columne deren fünf sich befanden. Die Columnen waren numerirt. Auf jeder Station war außerdem eine 10 Fuß lange und 6 Fuß hohe Blendung errichtet, hinter welcher sich die Signalgeber befanden, die durch Hervorstreckung von 1, 2, 3, 4 oder 5 Fackeln anzeigten, in welcher Columne der zu signalisirende Buchstabe zu suchen sei. Während diese die Columne anzeigenden Fackeln an der einen (linken) Seite der Blendung hervorgehoben wurden mußten gleichzeitig von der anderen (rechten) Seite 1, 2, 3, 4 oder 5 Fackeln hervorgestreckt werden, um anzuzeigen, der wie vielte Buchstabe in der bezeichneten Columne zu nehmen sei. Auf diese Weise konnte durch ein gleichzeitiges Emporhalten von Fackeln an verschiedenen Stellen ein jeder Buchstabe des Alphabetes genau angezeigt werden.

4. Anwendung des Fernrohrs. In diesem rohen Zustande blieb die Telegraphie, von welcher im Mittelalter nur selten auf den vereinzelt liegenden Ritterburgen zur Mittheilung verabredeter Nachrichten Gebrauch gemacht wurde, bis gegen das Ende des 17. Jahrhunderts, wo der englische Mathematiker Robert Hook (1684) und 20 Jahre später der französische Akademiker Amontons zur Beobachtung der in der Ferne gegebenen Signale

das Fernrohr anzuwenden vorschlugen. Seit dieser Zeit ist das Fernrohr ein unentbehrlicher Apparat in der optischen Telegraphie geblieben.

Der Vorschlag von Hook ging dahin, auf der einen Station durch irgend eine Vorrichtung ein beliebiges von 24 hinter einem schwarzen Schirme verborgenen Schriftzeichen rasch hervorzuschieben und wieder zurückzuziehen und auf der entfernten Station die hervorgezogenen Zeichen durch Teleskope zu beobachten; jene 24 Zeichen sollten bei Nacht durch eine Anzahl von Fackeln oder Lampen ersetzt und die Signale durch das auf einander folgende Verschwinden und Sichtbarwerden einzelner oder mehrerer, nach gewissen Regeln gruppirter Fackeln dargestellt werden.

Um dieselbe Zeit (1782) beschäftigten sich der französische Jurist Linguet während seiner Gefangenschaft in der Bastille, sowie der französische Cistercienser-Mönch Dom Gauthey, der Professor Bergsträßer in Hanau und mehrere Andere mit diesem Gegenstande; aber sei es, daß die meisten dieser Vorschläge zum großen Theile wirklich unpraktisch waren und in der Ausführung zu bedeutende Kosten würden verursacht haben, oder sei es, daß die von den Erfindern angekündigten, an das Wunderbare gränzenden Leistungen ihrer Maschinen bei der damals noch geringen Ausbreitung der optischen Kenntnisse keinen Glauben finden konnten: von den genannten Vorschlägen ist keiner zur Ausführung gekommen.

5. **Chappe.** So bleibt die Ehre der Erfindung und der Einführung der optischen Telegraphie ausschließlich dem französischen Ingenieur Claude Chappe, welcher die erste Telegraphenlinie zwischen Paris und Lille, 60 franz. Meilen weit mit 22 Zwischenstationen, auf welchem ein Signal von einem Ende bis zum anderen in zwei Minuten übertragen wurde, im Jahre 1794 eröffnete.

Schon während seines Aufenthaltes in dem Seminarium zu Angers suchte Chappe sich mit seinen zwei Brüdern, welche sich in einem eine halbe Stunde entfernt gelegenen Pensionate aufhielten, auf folgende Weise telegraphisch zu unterhalten.

An den beiden Enden eines drehbaren hölzernen Lineals befestigte er zwei Flügel, welche er nach Willkür bewegen und dadurch 192 verschiedene, durch ein Fernrohr leicht erkennbare Signale erzeugen konnte. Er theilte diese Idee seinen Brüdern mit und verabredete mit ihnen die Buchstaben und Worte, welche durch jene Signale bezeichnet werden sollten, und nun begannen dieselben ihre wechselseitige Correspondenz. Nachdem sie ihr System mit Hülfe Breguet's bedeutend vervollständigt hatten, errichteten sie eine längere Telegraphenlinie und legten ihr Erfindungen dem Convente vor, der alsbald verordnete, daß Versuche damit angestellt werden sollten. Am 12. Juli 1792 fand in Gegenwart der dazu vom Convente ernannten Commission eine Versuchsreihe statt, die vollständig gelang und die Vollendung der ganzen Linie von Paris bis Lille zur Folge hatte.

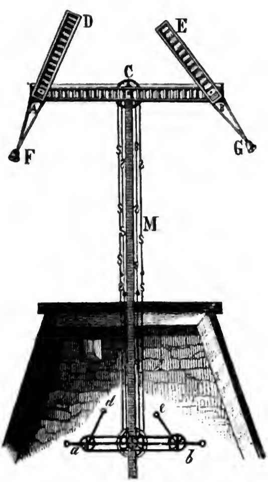
Durch die herrlichen Erfolge überrascht, verordnete die Regierung alsbald die Verlängerung der Lille-Pariser Linie bis nach Dünkirchen und Brüssel, letztere wurde 1803 vollendet; eine andere Linie von Paris nach Straßburg und Brest war schon 1798 eröffnet worden.

Napoleon ließ 1805 eine telegraphische Verbindung zwischen Paris und Mailand herstellen, welche 1810 bis Venedig verlängert wurde. Antwerpen und Boulogne, Amsterdam und Brüssel befanden sich schon 1809 und 1810 in einem Telegraphen-Netze. Endlich wurde 1823 eine neue telegraphische Linie zwischen Paris und Bayonne eröffnet.

Chappe's französischer Staats-Telegraph.

6. Von dem unter dem Dache des Stationshauses gelegenen Beobachtungszimmer, Fig. 1, geht durch das Dach hindurch ein 14—15 Fuß hoher Mast *M*, welcher an seinem oberen Ende einen 14 Fuß langen und nur 13 Zoll breiten, nach Art der Jalousien eingerichteten und um eine Axe *C* in einer verticalen Ebene drehbaren Rahmen *AB* trägt. Dieser Rahmen heißt der Regulator; er trägt an jedem Ende einen 6 Fuß langen und 1 Fuß breiten, ähnlich eingerichteten Rahmen *FD*, *GE*, Indicator oder Flügel genannt, welcher wie der Regulator um die Axe *A* oder *B* in der Vertical-Ebene im Umkreis sich drehen läßt.

Fig. 1.



Die Flügel werden durch eine eiserne, mit einem schweren Knopfe versehene, in der Entfernung für das Auge verschwindende Stange balancirt und sind wie der Regulator schwarz angestrichen, damit sie gegen den Horizont grell abstechen und aus der Ferne leicht bemerkt werden können.

Von den unzählig vielen Winkelstellungen, welche der Regulator und seine Flügel annehmen können, werden für die Bildung telegraphischer Signale nur diejenigen angewandt, welche sich durch die Charakteristik der Figuren leicht von einander unterscheiden lassen. Diese Stellungen sind für den Regulator *AB*:

1) horizontal, 2) vertical, 3) rechts schräg*), 4) links schräg.

Jeder Flügel kann, indem man ihn von 45 zu 45 Graden im Kreise herumführt, 8 verschiedene Stellungen einnehmen; aber eine dieser Stellungen, in welcher der Flügel die Verlängerung des Indicators bildet, wird nicht zum Zeichengeben benutzt, weil sie leicht zu verwechseln sein würde mit derjenigen Stellung, in welcher der Flügel mit dem Indicator zusammenfällt. Der rechte Flügel kann daher bei einer einzigen Stellung des linken schon 7, bei allen sieben Stellungen des linken also 7 $\times$ 7 = 49 verschiedene Figuren entwickeln. Auf allen 4 Stellungen des Regulators kann daher diese Maschine 4 $\times$ 49 = 196 charakteristische Figuren als Signale erzeugen.

Die Art und Weise, wie ein einziger Mann mit Leichtigkeit die Glieder dieser Maschine bewegen und sie mit Sicherheit in die telegraphischen Stellungen bringen kann, ist aus der Figur 2 ersichtlich:

Fig. 2.



»Am Fuße des senkrechten bis ins Cabinet sich hinab erstreckenden Gestelles, welches über dem Dache die eigentlichen fungirenden Organe des Telegraphen trägt, befindet sich der höchst einfache Bewegungs-Mechanismus. Man bemerkt weiter nichts, als einen wagerechten Hebel *ab*, der eine Drehung um seinen Mittelpunkt *c* in senkrechter Ebene erlaubt, und an seinen Enden mit zwei kleineren um diese Punkte in derselben Ebene beweglichen Hebeln *be* und *ad* articulirt. Dieses einfache Hebel-System entspricht in Gestalt und Bewegung vollkommen den über dem Haupte des Maschinisten signalisirenden Flügeln; es bildet einen Telegraphen en miniature, welcher mit dem wirklichen Telegraphen in Rapport steht und unmittelbar durch die Hand seine bedeutungsvollen Lagen empfängt. Jeder Impuls, diesem kleinen Telegraphen gegeben, theilt sich in vollkommen entsprechender Richtung dem wirklichen Telegraphen mit. Senkt der Maschinist den größeren Hebel in diagonaler Richtung, so folgt auch der Hauptflügel (Indicator) hoch in der Luft dieser Bewegung; richtet er die kleinen Hebel senkrecht auf den größeren, so schwingen sich auch außen die Seitenflügel senkrecht empor; jeder Winkel, welcher im unteren Raume

*) Der Rahmen *AB* bildet gegen die Horizontale einen Winkel von 45 Graden und kehrt das obere Ende nach der Rechten des Beschauers.

aus freier Hand gerichtet wird, copirt sich gleichzeitig in der Höhe mit mathematischer Schärfe. So hat der Signalisirende in seinen drei Hebeln das Bild und die Manövres des über ihm befindlichen Telegraphen beständig in kleinerem Maßstabe vor Augen. Die ganze Mechanik dieses merkwürdigen Apparates beschränkt sich außer den drei Hebeln *ab*, *ad*, *be* auf 10 Rollen und 6 in sich selbst zurückkehrende oder endlose Ketten. Bei der in der Seitenansicht dargestellten Skizze Fig. 2 bezeichnen dieselben Buchstaben dieselben Theile wie in Fig. 1.

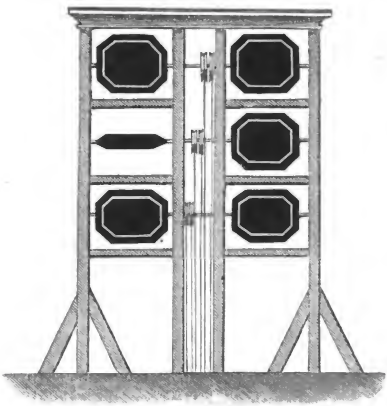
»An der Axe des Hebels *ab* ist eine Rolle *f* befestigt, von welcher eine endlose Kette nach der an der Axe des Wagbalkens (Indicators) *AB* befestigten Rolle *F* läuft, so daß jede Drehung des Hebels *ab* eine entsprechende Parallelbewegung des Indicators *AB* zur Folge hat. Nun befinden sich sowohl an der Axe *cf*, als auch an der Axe *CF* zwei unabhängig auf diesen Axen drehbare Doppelrollen, und außerdem enthält noch jede der Drehungs-Axen der Hebel *ad* und *be*, sowie der Flügel *AD* und *BE* eine einfache Rolle, welche je mit einer der Doppelrollen durch eine endlose Kette verbunden ist. Von jeder der unteren Doppelrollen erstreckt sich eine endlose Kette nach der correspondirenden oberen Doppelrolle. Verändert man nun z. B. die Stellung des Hebels *be*, so theilt sich diese Bewegung zunächst der vorderen Doppelrolle der unteren Central-Axe *fc*, von dieser aber der vorderen Doppelrolle der oberen Central-Axe *FC*, von dieser endlich der Rolle des Seitenflügels *BE* mit. Da nun sämmtliche genannte Rollen gleich groß sind, so muß die Bewegung des Flügels *BE* der Bewegung des Hebels *be* vollkommen entsprechen, d. h. derselben parallel sein; auch wird diese Bewegung auf beide Central-Axen und auf die daran befestigten Indicatoren *ab* und *AB* keinen Einfluß haben, indem die Doppelrollen lose auf diesen Axen sitzen. In ganz ähnlichem Zusammenhange steht die Bewegung des anderen Flügels *AD* mit der Bewegung des Hebels *ad*.«

Der englische Staats-Telegraph.

7. England bemächtigte sich alsbald der Erfindung Chappe's, ohne jedoch sein System zu adoptiren. Im Jahre 1796 wurde eine telegraphische Verbindung zwischen dem Admiralitätsamte zu London, Dover und Portsmouth nach dem System des Lord Murray hergestellt. Die Maschine besteht, wie Fig. 3 (a. f. S.) zeigt, aus einem auf der Plattform eines hohen Gebäudes aufgerichteten, festen, viereckigen Rahmen, in welchem 6 achteckige Tafeln oder Klappen in zwei Reihen zu dreien senkrecht über einander so angebracht sind, daß sich jede um eine eigene Axe drehen läßt und dadurch dem Beobachter entweder ihre volle breite Fläche oder eine scharfe Kante zuwendet, welche letztere in einiger Entfernung dem Auge entschwindet. Aus dem Erscheinen und Verschwinden dieser Tafeln lassen sich dann, da jede Tafel zwei verschiedene Stel-

lungen annehmen kann, 64 verschiedene Signale entwickeln. Die Bewegung der Tafeln wird durch einen ähnlichen Mechanismus von dem Inneren des Gebäudes aus veranstaltet, wie bei dem vorigen Telegraphen, dem er an Mannigfaltigkeit der Charaktere nachsteht, vor dem er sich jedoch durch eine größere Beweglichkeit und leichtere Handhabung der einzelnen Theile auszeichnet. Nach den Liverpool-Times besaß England im Jahre 1834 nur eine einzige Telegraphenlinie, von Liverpool nach Holyhead, 156 engl. oder 39 deutsche Meilen Entfernung, auf welcher ein Signal durchschnittlich in 35 Secunden von dem einen Ende bis zum anderen befördert wurde.

Fig. 3.



Der preußische Staats-Telegraph.

8. Erst im Jahre 1832, also 39 Jahre nach der Einführung des Chappe'schen Telegraphen in Frankreich, fand die Fernschrift in Deutschland Eingang, indem in diesem Jahre die preußische Regierung für die Einrichtung einer Linie von Berlin über Potsdam, Magdeburg, Köln und Koblenz bis Trier eine Summe von 170000 Thalern bewilligte. Im Juli 1833 wurden bereits 13 Telegraphen bis an die Elbe in Thätigkeit gesetzt. — Zwischen Köln und Berlin befanden sich 50 Stationen *), zu welchen man, wo es thunlich war, hohe Gebäude, in Berlin die Sternwarte, in Magdeburg die Johanniskirche, in Köln den Thurm der Garnisonkirche, benutzt hatte. Die Teleskope waren aus der Werkstatt des ausgezeichneten Mechanikus Pistor hervorgegangen. Die Apparate standen etwa 2 Meilen von einander entfernt und stachen auf beiden Seiten gegen den Horizont ab. Die Anlage einer

*) Durch die Einrichtung einer neuen elektrischen Telegraphenlinie zwischen den genannten Orten sind diese Stationen außer Thätigkeit gesetzt. Die Telegraphisten sind den neuen Linien überwiesen.

jeden Station kostete einschließlich der zwei Fernröhre 600 Thlr., die der ganzen Linie 80000 Thlr.

Der Mechanismus des preußischen Telegraphen unterscheidet sich wesentlich von der französischen und englischen Einrichtung und besteht, wie aus Fig. 4 ersichtlich ist, aus einem verticalen, durch die Plattform des Hauses

Fig. 4.



hindurchgehenden, 20 Fuß hohen parallelepipedischen Maste M, an dessen zwei entgegengesetzten Seiten sich drei Paare gegenüberstehender, 4 Fuß langer und $1^1/_4$ Fuß breiter Flügel xy (Indicatoren) befinden. Jeder Flügel sitzt auf einer Rolle, über die eine Schnur bis in das Gebäude hinunterläuft, und sich hier über eine zweite, auf einer Kurbel befestigte Rolle schlingt. Durch die Drehung der Kurbel kann daher jeder Indicator einen Halbkreis beschreiben; von den verschiedenen Stellungen werden jedoch nur 4 für die telegraphischen Zeichen benutzt, diejenigen nämlich, wo der Flügel mit dem Balken, von der Ruhelage aus gerechnet, einen Winkel von 0^0, 45^0, 90^0, 135^0 bildet. Es kann also bei einer Stellung eines der obersten Flügel, der andere oberste 4 verschiedene Lagen einnehmen; mithin geben die beiden oberen Flügel allein schon 16 Zeichen. Bei jedem dieser Zeichen kann nun das mittlere Flügelpaar wieder 16 verschiedene Stellungen einnehmen, also geben die 4 oberen Flügel schon $16 \times 16 = 256$ Signale; und da für jedes dieser Signale das untere Flügelpaar wieder 16 verschiedene Combinationen giebt, so kann der Telegraph überhaupt $16 \times 256 = 4096$ verschiedene Zeichen geben, welche, außer zu den Buchstaben und Ziffern, noch zu Abkürzungen für eine Menge von ganzen Wörtern dienen können.

Telegraphen anderer Länder.

9. Schon im Jahre 1795 besaß Schweden eine telegraphische Linie zwischen Stockholm, Traneberg und Drottningholm. Später wurde eine zweite Linie längs der Küste, südlich von Stockholm errichtet und in Folge eines Königlichen Beschlusses vom Mai 1838 bis zum Leuchtthurme von Landsort ausgedehnt.

Dänemark hatte im Jahre 1802 eine über den großen Belt sich erstreckende Telegraphenlinie mit zwei Stationen im Betriebe, von denen die

eine in Nyeborg auf der Insel Fünen, die andere in Korsör auf Seeland sich befand.

Selbst in Asien und Afrika hatte um das Jahr 1823 die optische Telegraphie Eingang gefunden. Im ersteren Lande errichtete die englische Regierung eine Telegraphenlinie zwischen Calcutta und der Festung Chunard und in Afrika ließ Mehemed Ali, nachdem er sich Modelle und Fernröhre aus Frankreich hatte kommen lassen, das Chappe'sche System zwischen Alexandrien und Cairo ausführen. Diese Linie enthielt 19 Stationen, und beförderte eine Nachricht zwischen beiden Städten in 40 Minuten.

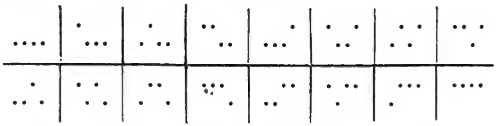
In Oesterreich führten die im Jahre 1835 mit dem französischen Telegraphen, behufs Errichtung einer Linie zwischen Wien und Linz angestellten Versuche zu keinem Resultate, und in Rußland wurde erst am 8. April 1839 die zwischen Petersburg und Warschau errichtete Linie in Betrieb gesetzt.

Verschiedene andere Telegraphensysteme.

10. Gleich nach der Entdeckung Chappe's begann man von vielen Seiten an der Vervollkommnung derselben zu arbeiten. Es ließen schon die drei vorhin beschriebenen Einrichtungen für kurze Strecken in Bezug auf Schnelligkeit der Correspondenz nicht eben viel zu wünschen übrig. Die Geschwindigkeit des Lichtes ist bekanntlich nahe 41900 geographische Meilen in der Secunde, also ist die Zeit, welche verfließt, bis ein Zeichen von einer Station zur folgenden gelangt, als ein Augenblick anzusehen, und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Signale hängt nur ab von der Zeit, welche auf die Bewegung der Indicatorflügel verwandt wird, fällt also um so kleiner aus, je mehr Zwischenstationen die Telegraphenlinie erfordert oder eine je größere Länge dieselbe hat. Durch den letzteren Umstand kann daher der Flug der Nachrichten bedeutend verzögert werden; indessen ist dieser Nachtheil der optischen Telegraphen nicht anzuschlagen gegen die vielen Inconvenienzen, welche dadurch entstehen, daß die Maschine nicht zu jeder beliebigen Zeit arbeiten kann, weil dichter Nebel, anhaltender Regen, Höhenrauch, Schneefall und vor Allem die Nachtzeit ihre Wirksamkeit völlig hemmen.

Unter den vielen Verbesserungsvorschlägen für optische Telegraphen waren daher die praktischeren darauf gerichtet, daß sie auch während der Nachtzeit konnten gebraucht werden. In England brachte man einen solchen Nacht-Telegraphen in Ausführung, bei welchem durch Combination von 5 Gaslampen alle erforderlichen Zeichen gegeben wurden. Ein anderer Nacht-Telegraph bestand aus 4 großen Reflectoren (Hohlspiegeln), die in der Ruhelage sich in einer horizontalen Linie befanden, und einzeln durch eine Walze

gehoben und wieder herabgezogen werden konnten. Sie reflectirten das intensive Licht einer Gaslampe nach den gegenübergestellten Spiegeln der nächsten Station, wo dann natürlich noch eine zweite Reihe solcher Reflectoren erforderlich war, um Licht nach der folgenden Station zu senden. Durch Verschiebung dieser 4 Hohlspiegel auf eine andere Höhe ließen sich 16 Zeichen geben, wie das folgende Schema zeigt, in welchem die verschiedenen Stellungen der Spiegel durch Punkte angedeutet sind:



Nach jedem Heben mußte der Reflector sogleich wieder in seine vorige Lage zurückgebracht werden.

11. Gauß' Heliotrop. In der neueren Zeit hat Gauß den Vorschlag gemacht, die von ihm bei der Landesvermessung Hannovers zum Signalisiren gebrauchten Heliotropen zur Telegraphie anzuwenden. Der Vorschlag beruht darauf, daß kleine Spiegel, wenn sie das Sonnenbild reflectiren, auf 5 bis 6 Meilen mit freiem Auge sichtbar sind. Man wird also im Stande sein, durch Drehen und Bedecken solcher Spiegel in kurzer Zeit auf solche Entfernungen eine große Menge von Lichtblicken zu erregen, durch deren Combination man die Zeichen bestimmen kann. Im Juni des Jahres 1849 haben Officiere des Ingenieur-Corps zu Berlin einige Experimente dieser Art angestellt. Die beiden correspondirenden Theile waren der eine beim Denkmal auf dem Kreuzberge zu Berlin, und der andere auf dem drei Meilen davon entlegenen Schäferberge bei Potsdam angebracht. Die Versuche hatten zum Zwecke, bei militairischen Operationen in Kriegszeiten Nachrichten von der Annäherung, Anzahl und Entfernung der Feinde zu geben und schnell weiter zu befördern. Der Apparat ist daher transportabel, auf beliebige geeignete Anhöhen leicht anzubringen und mit einem Apparat zur Messung der Entfernungen versehen. Allein, wenn man auch, nach Steinheil's Vorschlag, während der Nacht das sehr intensive Drummond'sche Kalklicht anstatt der Sonne, und statt des zusammengesetzten schwer zu richtenden Instrumentes von Gauß den vereinfachten Apparat von Steinheil anwenden kann: immerhin werden auch diese Instrumente, wie alle Licht-Telegraphen, durch Nebel, Regen und ähnliche atmosphärische Einflüsse in ihrer Wirksamkeit oft gehemmt werden.

Endlich haben noch die beiden Telegraphen-Systeme von Villalongue und von Gonon die Aufmerksamkeit sachkundiger Männer auf sich ge-

zogen und scheinen in der That entschiedene Vorzüge vor den bisherigen Vorrichtungen zu besitzen; die Vervollkommnung und allseitige Einführung der elektrischen Telegraphen wird jedoch ihrer Ausführung im Großen wohl auf immer hindernd im Wege stehen.

Optische Telegraphen auf Eisenbahnen.

12. **Eisenbahn-Telegraphen.** Die große Sicherheit und Pünktlichkeit in dem gegenwärtigen Betriebe der amerikanischen, englischen und deutschen Eisenbahnen beruht zum größten Theile auf der Anwendung von telegraphischen Signalen. Diese Sicherheit ist nämlich zumeist von der Wachsamkeit und Pünktlichkeit abhängig, womit der Gang der Wagenzüge geleitet wird, und würde ihren höchsten Grad erreichen, wenn es dem Locomotiv-Führer ermöglicht werden könnte, den Zustand der ganzen vor ihm liegenden Bahn wie aus der Vogel-Perspective zu überschauen. In Ermangelung dieses Umstandes müssen daher möglichst vielseitige und innige Beziehungen oder sichere Mittel einer Correspondenz zwischen dem Locomotiv-Führer und den Wärtern der Bahn hergestellt werden.

Wir übergehen hier die vielen dieserhalb angestellten Versuche mit Signalhörnern, Glockenläuten, Dampf- und Luftpfeifen, sowie die verschiedenartigen innerhalb der Bahnhöfe und an Ausweichestellen befindlichen mehrfarbigen Signalscheiben, Signalpfeilen und Fahnen, mittelst denen dem Locomotiv-Führer die Stellung und Verbindung der einzelnen Schienenstränge angezeigt wird. In dem Folgenden ist nur von einigen der vielen telegraphischen Correspondenzweisen die Rede, welche dazu dienen, den Locomotiv-Führer sowohl bei Nacht als bei Tage über den Zustand der ganzen von ihm zu durchlaufenden Bahnstrecke zu unterrichten.

Ein gutes Signal soll bei Tag und Nacht:

a) die Bahn von einem Bahnhof zum anderen schnell und sicher durchlaufen, ohne von atmosphärischen Verhältnissen gehindert zu werden;

b) es soll für die Dauer der Fahrt dem Wärter wie dem Locomotiv- und Zug-Führer wahrnehmbar sein;

c) es soll dem Wärter ein Mittel sein, eine von ihm wahrgenommene Gefahr dem Zuge sicher anzuzeigen;

d) es soll von jeder Wärter-Station aus vor- und rückwärts bis zum nächsten Bahnhofe rasch und leicht in Thätigkeit zu setzen sein;

e) es soll die Handhabung leicht und eine augenblickliche Bildung jedes Zeichens möglich sein;

f) es sollen alle Zeichen gleich scharf, übersichtlich und einfach sein, endlich

g) soll die Unterhaltung für die Nacht möglichst wenig Kosten verursachen.

Die bis jetzt zur Anwendung gekommenen Signal-Systeme zerfallen in zwei Classen; man hat entweder:

1) besondere Tag- und ganz davon abweichende Nacht-Signale, oder

2) für Tag und Nacht ganz gleiche Zeichen.

Dabei beziehen sie sich vorzugsweise auf das Signalisiren folgender Fälle:

a) die Bahn ist in Ordnung,
b) der Zug kommt von der einen Richtung,
c) der Zug kommt von der anderen Richtung,
d) der Zug kommt von beiden Richtungen,
e) der Zug kommt nicht,
f) der Zug soll langsam fahren,
g) der Zug soll möglichst bald halten,
h) eine Hülfsmaschine soll kommen.

Die Zeichen a, f und g heißen Localzeichen, die übrigen aber durchgehende Zeichen, weil diese von einer Station zur anderen ununterbrochen fortgepflanzt werden müssen.

Die für das Tag-Signal zuerst angewandten durchbrochenen, bemalten und unbemalten Scheiben, Fahnen aller Art sind durch den zweiarmigen Telegraphen verdrängt worden, weil er für den Tag die nöthige Anzahl von Zeichen, bei leichter Bildung und Schärfe derselben, bietet.

Die Nacht-Signale werden gegeben, indem man an dem Telegraphenmaste oder eigens dazu aufgerichteten Pfählen, oder in der Wand des Wärter-Häuschens

a) Laternen höher oder niedriger aufzieht,
b) weißes, grünes oder rothes Licht anwendet, oder
c) Laternen in verschiedener Anzahl und Richtung zu einander aufstellt.

Der zweiarmige Tag-Telegraph, wie er mit einigen Modificationen beinahe auf allen norddeutschen Eisenbahnen angewandt wird, besteht aus einem 30 bis 60 Fuß hohen Maste, der wie eine Leiter mit Sprossen versehen ist und an seinem oberen Theile zwei, um eine mit der Bahnrichtung parallel liegende Axe bewegliche Arme von ungefähr $3^1/_2$ Fuß Länge trägt. Sie bestehen aus einem Rahmen mit Jalousie-Brettchen (oder aus durchlöcherten Eisenplatten), wodurch ihr Gewicht beträchtlich vermindert und die Wirkung des Windes geschwächt wird, und sind, je nach dem Hintergrund roth, schwarz oder weiß angestrichen, wodurch sie von Bauwerken scharf abstechen. Jeder Arm sitzt auf einer besonderen Rolle, welche durch eine endlose Kette mit einer

gleich großen Rolle unten am Maste verbunden ist. Die letztere Rolle hat eine Kurbel, mit welcher der Wärter dieselbe in einem Halbkreise herumdrehen, und dadurch eine parallele Bewegung der correspondirenden oberen Rolle und des darauf sitzenden Armes hervorbringen kann. Jeder Arm kann drei für die Correspondenz nutzbare Stellungen einnehmen, nämlich horizontal und 45° darüber oder darunter geneigt, so daß man mit den beiden Armen 15 ganz verschiedene Zeichen hervorbringen kann, welche für den Rapport zwischen Bahnwärter und Locomotiv-Führer vollkommen ausreichend sind.

Die erwähnten Nacht-Signale sind weniger empfehlenswerth. Was die erste Methode angeht, nach welcher ein Licht bald höher bald niedriger aufgehängt wird, so ist dagegen zu bemerken, daß bei ganz finsterer oder nebeliger Nacht, wo dem Auge die Beziehung des aufgehängten Lichtes zu anderen Gegenständen fehlt, eine klare Vorstellung über hoch und niedrig ganz aufhört. Wenn es unter solchen Umständen schon unmöglich ist, auch nur in einer Entfernung von 200 bis 300 Schritten anzugeben, ob ein aus einem bekannten Hause schimmerndes Licht sich im ersten, zweiten oder dritten Stock befindet, so wird es für einen Bahnwärter um so mehr unmöglich sein, bei 1000 bis 1500 Schritten Entfernung zu erkennen, ob ein Lichtpunkt am Telegraphen-Maste einige Fuß höher oder tiefer steht. Daher diese Methode selbst auf der Leipzig-Dresdener Bahn, wo sie zuerst eingeführt und am längsten geübt wurde, schon seit Jahren aufgegeben ist.

Nicht viel sicherer ist das Signalisiren mit farbigem Lichte. Die Veränderung des weißen, den geordneten und gewöhnlichen Zustand der Bahn anzeigenden Lichtes in ein anderes, z. B. rothes Licht, ist, da dieselbe durch Vorsetzen von gefärbten Gläsern geschieht, zeitraubend, besonders dann, wenn die Laternen sich auf hohen Masten oder in den oberen Stockwerken von Gebäuden befinden. Außerdem sind die Farben der Lichter unter gewissen atmosphärischen Verhältnissen, welche oft eine meilenweite Ausdehnung haben und sich von einem Bahnhofe zum anderen erstrecken, z. B. bei dichterem Nebel, Schneefall, Moorrauch u. dgl. schon auf eine Entfernung von 500 Schritten nicht mehr mit derjenigen Bestimmtheit zu unterscheiden, welche allein den Bahnwärter gegen das Reproduciren falscher Signale oder den Locomotiv-Führer gegen Irrungen schützen kann.

13. **Treutler's Tag- und Nacht-Telegraph.** G. A. Treutler hat das Verdienst, allen diesen Mängeln dadurch abgeholfen zu haben, daß er dem zweiarmigen Tag-Telegraphen eine Einrichtung gegeben hat, wodurch er ganz vortreffliche, in der Form den Tag-Signalen ganz gleiche, überaus leicht und scharf zu erkennende Nachtzeichen erzeugen kann.

Er construirt nämlich die beweglichen Flügel aus vielen kleinen Spie-

gelstücken, welche er durch zwei vor dem Telegraphen-Maste aufgezogene Laternen erleuchtet, wie die Fig. 5 und Fig. 6 dieses andeuten. Die letztere Figur stellt einen solchen Flügel dar; die schraffirt gezeichneten Spiegelstücke reflectiren das Licht der Laterne *L* nach der einen Bahnrichtung, die weiß gezeichneten Spiegel das Licht der Laterne *L'* nach der entgegengesetzten Richtung.

Fig 5.

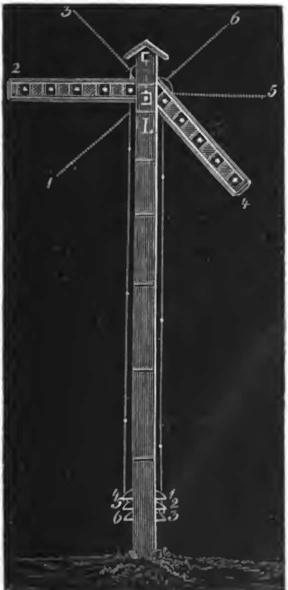
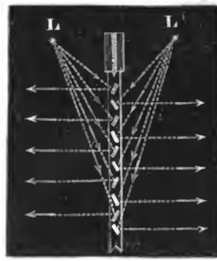


Fig. 6.



Die schraffirten Spiegel der Fig. 6 entsprechen der in der Fig. 5 mit * bezeichneten.

Die Handhabung dieses Apparates ist sehr leicht; der Wärter hat des Nachts, sobald die Laternen aufgezogen sind, an diesen nie etwas vorzunehmen, sondern es kann, da die Beleuchtung der Arme völlig unabhängig ist von ihrer Bewegung, jedes Zeichen im Augenblick gegeben werden. Da die Zeichen Tag und Nacht dieselben sind, so hat das Personal nur die halbe Anzahl von Zeichen einzuüben, und Irrungen sind also viel weniger möglich; dabei kommen die Unterhaltungskosten des Nachts mit denen der Bahnen, welche 2 Laternen pro Signal-Station verwenden, überein *).

*) Der Treutler'sche Tag- und Nacht-Telegraph ist für Preußen, Oesterreich, Sachsen, Baiern und Frankreich patentirt. Auf der Breslau-Schweidnitz-Freiburger Eisenbahn kam derselbe zuerst mit der Eröffnung dieser Bahn in Anwendung und hierauf auf der Breslau-Liegnitzer Strecke der Niederschlesisch-Märkischen Bahn, welche letztere nach gewonnener Erfahrung sich für die Annahme desselben auf der ganzen Bahn entschied. In Frankreich ist er auf der Straßburg-Baseler Bahn eingeführt.

Die Beleuchtung dieses Telegraphen geschieht demnach mittelst Spiegel; die Lichtquelle besteht bloß aus zwei Laternen.

Der Lichtreichthum desselben überwindet nach der Bestätigung ausgezeichneter Techniker viel höhere Grade von Nebel, als dieses Laternen-Signale bisher vermochten. Er zeigt nämlich an dem Punkte L, wo die beiden Axen sich vereinigen, vor- und rückwärts ein sehr starkes Centrumlicht, welches in der Nacht immer stehen bleibt, um das Centrum der Signale zu markiren, an und für sich aber nichts bedeutet. Jeder Arm erscheint wie von 5 Astral-Lampen erleuchtet, so daß, wenn beide Arme gezogen sind, man vor- und rückwärts stets eilf Astralflammen, je nach dem Zeichen in geraden oder in gebrochenen Linien erblickt; in der Entfernung erscheint somit jeder Arm als eine weiße (von beiden Seiten sichtbare) Lichtlinie.

C. Die akustische Telegraphie.

14. Die Telegraphie durch directe Wirkung auf das Gehör ist öfter versucht worden, jedoch stellen sich derselben, so lange man nicht elektrische Kräfte zu Hülfe nehmen will, Schwierigkeiten entgegen, welche sich nicht beseitigen lassen. Wo die Signale einfach sind und auf nicht große Entfernungen fortgepflanzt werden sollen, da reichen die bisherigen telegraphischen Wirkungen auf das Gehör vollkommen und besser sogar, als die Gesichtssignale aus. Das Horn, die Trompete, die Trommel, die Glocken, die Dampfpfeife, das Sprachrohr, die Lärmapparate u. dgl. m. entsprechen vollständig ihren speciellen Zwecken, aber sie sind auch nur für diese tauglich und können zur eigentlichen Fernschrift in keinerlei Weise angewandt werden. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in der Luft ist im Verhältniß zur Geschwindigkeit des Lichtes sehr klein; sie beträgt nur ungefähr 1024 Fuß in der Secunde, während das Licht in derselben Zeit einen Weg von 41900 Meilen zurücklegt. Der Schall verliert ferner in der freien Luft sehr schnell an Intensität und der verstärkte Schall entbehrt der Mannigfaltigkeit, so daß er bei der Ungeübtheit des Ohres auf große Entfernungen nicht mehr mit derjenigen Bestimmtheit aufgefaßt werden kann, welche zu einer telegraphischen Mittheilung unumgänglich nothwendig ist.

Schall-Röhren. Anders verhält es sich mit der Fortpflanzung des Schalles durch Röhren. Schon im Alterthume war es bekannt, daß der Schall in cylindrischen Röhren bedeutend besser fortgeleitet und weit weniger geschwächt werde, als in der freien Luft. Nach späteren Versuchen sollen derartige Röhren die Kraft des Schalles noch vermehren.

Bouvard ließ an dem einen Ende einer cylindrischen Röhre eine Pi-

stole abschießen, und vernahm an dem entgegengesetzten Ende den Knall einer Kanone.

Jobard bemerkte, daß der Gang einer Uhr, welcher nur auf 30 Centimeter (11 Zoll) zu hören war, am Ende einer 16 Meter (49 bis 50 Fuß) langen Röhre, ohne daß die Uhr das Metall berührte, vielmehr von demselben einige Fuß entfernt gehalten wurde, noch deutlich vernommen werden konnte.

Biot und Hassenfratz machten in dieser Beziehung noch entscheidendere Versuche; sie legten Röhren in eine von steinernen Stützen getragene Wasserleitung, und vernahmen durch diese Röhren das leiseste Flüstern auf 951 Meter (2950 Fuß) ganz ungeschwächt und so klar verständlich, daß »man an dem einen Ende ganz schweigen mußte, um nicht an dem anderen Ende gehört zu werden.«

Jobard wiederholte diese Versuche mit einem 11 Biegungen in rechten Winkeln machenden Röhren-Systeme von 600 Fuß Länge, und fand es bestätigt, daß man eine ganz leise Stimme auch dann noch sehr bestimmt vernehmen konnte, als in der Umgebung Drehbänke, Feilen und Hämmer mit starkem Geräusche arbeiteten.

In der letzten Zeit hat Romershausen in Halle derartige Röhrenleitungen als Ersatzmittel für die anderen telegraphischen Methoden auf Eisenbahnen empfohlen, unter der Angabe, daß sich halbzöllige gezogene Bleiröhren, deren Verfertigung durch die Löthung mit Knallgas wesentlich erleichtert und verbessert worden ist, am besten hierzu eignen würden.

Durch vielfache andere auf die Herstellung akustischer Röhren gerichtete Bemühungen tüchtiger Ingenieure hat sich dagegen unzweideutig herausgestellt, daß die Beschaffenheit der Röhren für den guten Erfolg nicht gleichgültig ist, und daß insbesondere das Material für dieselben klangreiches Metall sein und eine möglichst vollständige Isolirung derselben vom Erdboden stattfinden muß. Diese Bedingungen bieten aber der Anwendung von Schallröhren für eine telegraphische Correspondenz schon der Kosten wegen ein bedeutendes Hinderniß; außerdem ist die Gränze, bis zu welcher ein mäßiger Schall in Röhren fortgepflanzt wird, noch nicht aufgefunden, und es kann bis dahin von einer allgemeinen Anwendung solcher akustischer Telegraphen nicht die Rede sein.

Durch Wasser. Einen nicht besseren Erfolg haben die Vorschläge gehabt, den durch das Wasser fortgepflanzten Schall zu telegraphischen Zwecken zu benutzen. Nach den Versuchen von Beaudens zu Marseille, von Colladon und Sturm am Genfer-See ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalls durch das Wasser viermal so groß als in der Luft, und selbst schwache Töne sind unter Wasser in der Entfernung von vielen Meilen noch hörbar; außerdem sind die durch den Schall entstehenden Erschütterun-

gen des Wassers kräftig genug, um auf eine gewisse Entfernung in sehr feinen Apparaten kleine Bewegungen hervorzubringen, welche zur ferneren Bewegung irgend eines telegraphischen Apparates benutzt werden könnten. Aber die Anwendung eines solchen Correspondenzmittels setzt das Vorhandensein einer weit ausgedehnten Wassermasse voraus und beschränkt sich daher nur auf wenige Oertlichkeiten.

Zweite Abtheilung.

Die elektrische und elektromagnetische Telegraphie.

Erster Abschnitt.

Die Motoren und die Gesetze der den Betrieb der Telegraphen vermittelnden Kräfte.

A. Die wichtigsten Erscheinungen und Gesetze der Reibungs-Elektricität.

15. **Elektricität durch Reibung.** Die meisten Körper erlangen durch Reibung das Vermögen, leichte Körperchen anzuziehen und nach der Berührung wieder abzustoßen. Diese Eigenschaft tritt besonders stark hervor, wenn man eine Stange Glas mit Seidenzeug oder Schwefel, Siegellack, überhaupt Harze mit Wollenzeug oder Pelz reibt; die Ursache dieser Erscheinung wird Elektricität und, insofern sie durch Reibung verschiedenartiger Körper hervorgerufen wird, Reibungs-Elektricität genannt. Dabei zeigt sich, daß die elektrischen Zustände zweier sich reibender Körper verschiedener Art sind.

Das mit Seide geriebene Glas zieht nämlich leichte Körperchen, z. B. Hollunder-Kügelchen, Papierschnitzel u. dgl., zuerst an und stößt dieselben, nachdem sie durch die Berührung mit dem Glase denselben elektrischen Zustand angenommen haben, wieder ab; die Seide dagegen zieht die vom Glase abgestoßenen Körperchen wieder an, sie würde aber die unelektrischen Körper ebenso wie das Glas zuerst angezogen und nach der Berührung wieder abgestoßen haben.

Das mit Wolle geriebene Harz verhält sich gegen das geriebene Glas gerade wie die Seide. Die von dem Glase nach der Berührung abgestoßenen

Kügelchen werden von der geriebenen Harzstange wieder angezogen, und umgekehrt werden die von einer Harzstange nach der Berührung abgestoßenen Kügelchen von einer Glasstange wieder angezogen.

Das Glas und das Harz nehmen also durch Reibung mit den genannten Stoffen verschiedene, ja entgegengesetzte elektrische Zustände an. Viele Versuche lehren, daß diese entgegengesetzten elektrischen Zustände, auch wenn sie auf den verschiedensten Wegen hervorgerufen werden, immer beide zugleich entstehen; man nennt den elektrischen Zustand des mit Seide geriebenen Glases die Glas-Elektricität und bezeichnet sie mit $+ E$, dagegen die elektrische Eigenschaft des mit Wolle geriebenen Harzes die Harz-Elektricität und bezeichnet sie mit $- E$. Beide Elektricitäten haben das Bestreben, sich anzuziehen oder sich zu vereinigen, und ihre Vereinigung führt, wenn beide gleich stark sind, den völlig unelektrischen Zustand herbei.

Man stellt sich den Hergang dieser Erscheinung folgendermaßen vor: Durch die ganze Natur sind zwei höchst feine, unsichtbare und gewichtlose Materien verbreitet, deren eine das positive, die andere das negative elektrische Fluidum genannt wird. Diese Fluida durchdringen alle Körper. Wenn sich in jedem Punkte eines Körpers gleiche Mengen dieser Fluida befinden, so ist derselbe unelektrisch.

Durch die Reibung wird der unelektrische Zustand aufgehoben, es sammelt sich in dem geriebenen Körper das eine Fluidum, z. B. das positive, in dem reibenden das andere, negative; dann sagt man von jenem Körper, es sei $+ E$ in ihm vorhanden, von diesem, er enthalte $- E$. Der unelektrische Zustand eines Körpers wird demgemäß mit $\pm E$ bezeichnet.

Die gleichnamigen elektrischen Fluida stoßen sich ab, die entgegengesetzten ziehen sich an. Aus der Vereinigung von $+ E$ und $- E$ geht der unelektrische Zustand hervor, wenn beide Elektricitäten gleich stark sind; man sagt dann, die Elektricitäten gleichen sich aus, sie heben sich auf oder sie neutralisiren sich.

16. **Leiter und Nichtleiter.** Wenn ein elektrischer Körper mit einem nicht elektrischen in Berührung gebracht wird, so theilt jener seine Elektricität dem nicht elektrischen Körper mit, die Elektricität des einen Körpers wird durch die Berührung auf den anderen übertragen. In dieser Hinsicht tritt aber eine große Verschiedenheit unter den Körpern hervor; einige treten ihre Elektricität gern an andere Körper ab, und dieselben nehmen die angebotene Elektricität mit Leichtigkeit in sich auf, während andere die einmal erhaltene Elektricität festzuhalten streben und sich gegen die Aufnahme der angebotenen Elektricität fast zu sträuben scheinen.

Berührt man eine elektrische Metallplatte mit dem Finger, so giebt sie auf der Stelle alle ihre Elektricität ab, und sie ist nach der Berührung ganz

unelektrisch; berührt man aber eine elektrische Harzplatte, so giebt diese nur an der Berührungsstelle ihrer Elektricität ab, während sie an den nicht berührten Stellen elektrisch bleibt.

Das Metall leitet daher die ganze Menge der Elektricität sehr leicht und schnell zu dem Berührungspunkte hin und giebt sie hier vermittelst des Körpers an die Erde ab; die Harzplatte aber hält die Elektricität an allen Punkten fest, sie leitet sie nicht zu der Berührungsstelle hin, und sie giebt daher auch nur die an dieser Stelle befindliche Elektricität ab.

Aus diesem Grunde nennt man Körper der ersten Art Leiter der Elektricität; Körper der zweiten Art werden Nichtleiter genannt.

Zu den Leitern gehören vor Allem die Metalle, Kohle (Graphit), Wasser, das feuchte Erdreich, der menschliche und thierische Körper u. s. w., zu den Nichtleitern Glas, Harz, Gutta-Percha, Seide, Wachs, Elfenbein, trockene Luft u. s. w. Jene gestatten der Elektricität einen ungehinderten leichten Durchgang; diese setzen dem Durchgange der Elektricität einen größeren Widerstand entgegen. Die Nichtleiter bieten daher ein Mittel, um elektrisirte Körper gegen den Verlust der Elektricität zu schützen; dieses wird erreicht, wenn man die zu elektrisirenden Körper nur mit Nichtleitern in Verbindung bringt, also sie an seidenen Schnüren aufhängt, oder auf gläserne Stäbe aufstellt, oder ihnen eine Unterlage von Harz, Gutta-Percha oder Glas-Tafeln giebt. Ein so aufgestellter Körper heißt isolirt und die Nichtleiter heißen daher auch Isolatoren.

17. **Die Elektrisir-Maschine.** Um durch die Elektricität starke Wirkungen hervorzubringen, muß man im Stande sein, dieselbe in hinreichend starken Mengen zu entwickeln und in gewissen Körpern derart anzuhäufen, daß man sie von ihnen aus ohne weitere Reibung, durch die bloße Berührung, auf andere Körper übertragen kann; dazu dienen die Elektrisir-Maschinen. Sie bestehen aus drei Haupttheilen: 1) dem geriebenen Körper, 2) dem Reibzeuge, und 3) dem Conductor.

Der geriebene Körper ist entweder ein gläserner Cylinder, wie *a* in Fig. 7, oder eine gläserne Scheibe, wie *kak* in Fig. 8 (a. f. S.). Dieselben sind durch eine Kurbel um ihre Axe drehbar.

Das Reibzeug besteht meistens aus einem oder zwei ledernen, mit einem Amalgam überstrichenen Kissen, welche auf Glassäulen ruhen und durch Metallfedern sanft gegen das rotirende Glas angedrückt werden. In Fig. 7 ist es durch *e* bezeichnet; in Fig. 8 sind diese Kissen an dem Ständer *d* befestigt, so daß die Scheibe zwischen ihnen hindurch rotiren kann.

Der Conductor dient dazu, die durch die Reibung entwickelte Elektricität des Glases anzusammeln. Er besteht aus einem oder mehreren Cylindern von Metallblech, welche auf Glassäulen ruhen, und durch

Fig. 7.

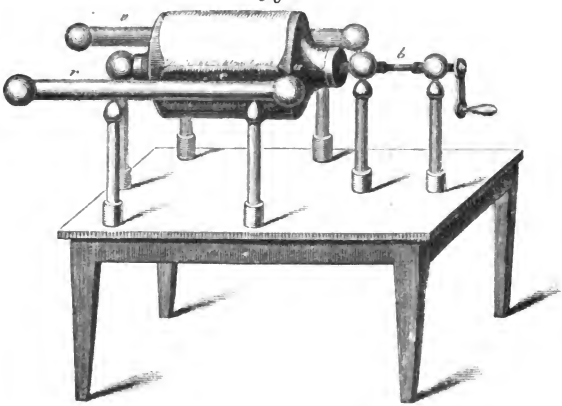
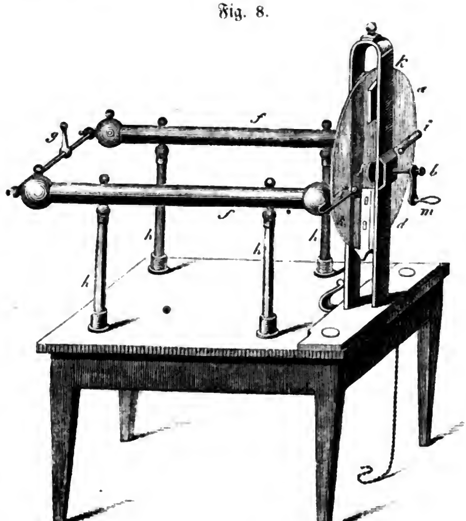


Fig. 8.



metallene Spitzen, die dem rundlaufenden Glase nahe stehen, die Elektricität desselben in sich aufnehmen und festhalten. Er ist in Fig. 7 durch *v*, in Fig. 8 durch *ffg* mit den Saugspitzen *ii* und den Glasfüßen *h* bezeichnet.

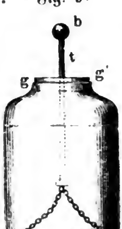
Bei der Drehung des Glases und der dadurch bewirkten Reibung desselben an dem Amalgam des Reibzeuges wird die natürliche $\pm E$ des letzteren zerlegt; das Glas nimmt die $+ E$ auf und giebt dieselbe an den Conductor zu weiterem Gebrauche ab. Damit nun dem Reibzeuge stets neue $\pm E$ zugeführt werde, wird dasselbe durch eine Metallkette (Fig. 8) mit dem Erdboden in leitende Verbindung gesetzt. Durch diese Kette strömt die $- E$ des Reibzeuges in die Erde ab, und es strömt stets unzersetzte Elektricität aus der Erde hinzu, durch deren Zerlegung dem Conductor immer neue $+ E$ zugeführt wird.

Um nun einen Körper zu elektrisiren, hat man ihn nur mit dem Conductor einer Elektrisir-Maschine durch einen Leiter in Verbindung zu setzen. Dann strömt, während die Maschine gedreht wird, die Elektricität des Conductors auf den Körper über. Befindet sich ein Leiter in der Nähe des Conductors, so erfolgt das Ueberströmen der Elektricität unter Funken, und bei den vorzüglich guten Maschinen, wie sie Winter in Wien verfertigt, springen die Funken bei einer Entfernung von 40 Zoll über. Die Größe dieser Entfernung heißt die Schlagweite der Maschine.

18. Die Leydener Flasche und die elektrische Batterie.

Um die beiden entgegengesetzten Elektricitäten in einem Zustande hoher Spannung zu erhalten, in welcher ihr Bestreben, sich zu vereinigen und sich auszugleichen, möglichst stark ist, bedient man sich der sogenannten Leydener Flasche, Fig. 9, einer von außen und von innen bis auf eine Entfernung von einigen Zoll vom Halse *gg'* mit Stanniol beklebten Flasche von Glas, deren innere Belegung mit einem in einen Knopf *b* auslaufenden Messingstäbchen *t* verbunden ist. Eine solche Flasche wird geladen, wenn man die äußere Belegung mit dem Erdboden, und die innere mit dem Conductor einer Elektrisir-Maschine verbindet. Es sammelt sich alsdann auf der einen, z. B. inneren Belegung die $+ E$, und auf der äußeren die $- E$, deren Streben nach Vereinigung um so stärker ist, je mehr Elektricität sich auf den Belegungen angehäuft hat, und zu deren Ausgleichung bloß erforderlich ist, daß die beiden Belegungen durch einen Leiter, z. B. durch einen Metalldraht oder durch den menschlichen Körper verbunden werden. Die Entladung der Flasche, d. h. die Vereinigung der beiden entgegengesetzten Elektricitäten, erfolgt unter einem Knall und einem lebhaften Funken und bringt, wenn sie durch den

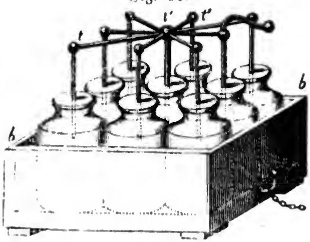
Fig. 9.



menschlichen Körper hindurchgeleitet wird, eine mehr oder minder heftige Erschütterung in den Armgelenken hervor.

Um sehr starke elektrische Spannungen zu erhalten, müssen mehrere Flaschen zu einer sogenannten elektrischen Batterie, Fig. 10, derart verbunden werden, daß alle äußeren Belegungen unter einander, und ebenso alle inneren Belegungen unter einander leitend verbunden sind, daß aber die äußeren Belegungen von den inneren getrennt bleiben. Das Erstere erreicht man dadurch, daß alle Flaschen auf einen mit Stanniol belegten Boden gestellt werden, das Zweite dadurch, daß alle in das Innere hinabreichenden Metallstäbchen außerhalb der Flaschen durch Metalldrähte verbunden werden.

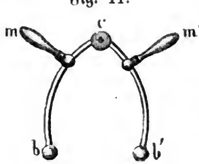
Fig. 10.



Wenn man in einer solchen Batterie, nachdem sie wie eine Flasche geladen worden ist, den inneren und den äußeren Beleg durch einen Metalldraht oder eine Kette verbindet, so bewegen sich die angehäuften entgegengesetzten Elektricitäten von den Belegungen aus durch den Entladungsdraht einander entgegen und vereinigen sich mit einer solchen Heftigkeit, daß ein starker Knall, und an derjenigen Stelle, wo der metallische Kreis geschlossen wird, ein lebhafter Funke entsteht.

Die Verbindung der beiden Belegungen der Flaschen wird gewöhnlich durch den in Fig. 11 abgebildeten Entlader bewirkt. Er besteht aus zwei gebogenen, durch ein Charnier *c* verbundenen Messingstäbchen, welche an ihrem Ende eine Messingkugel *b*, *b'* tragen. Jeder dieser Stäbe ist außerdem mit einem isolirenden Handgriffe *m*, *m'* versehen. Will man eine Flasche entladen, so legt man den einen Knopf an den inneren Beleg und nähert den anderen Knopf dem äußeren Beleg. Schon in einiger Entfernung erfolgt dann die Entladung.

Fig. 11.



19. **Geschwindigkeit der in Bewegung befindlichen Elektricität.** Bald nach der Entdeckung der elektrischen Batterie im Jahre 1745 stellte man Versuche an, um die Geschwindigkeit zu bestimmen, mit welcher die beiden entgegengesetzten elektrischen Fluida bei ihrer Vereinigung durch einen metallischen Schließungsdraht sich hindurchbewegen. Isolirte Metalldrähte von der Länge einer halben Meile wurden zur Schließung und Ent-

ladung einer elektrischen Batterie angewandt; es zeigte sich, daß sie von den beiden Elektricitäten augenblicklich durchlaufen wurden.

Ohne noch an eine Anwendung auf die Telegraphie zu denken, entlud Winkler in Leipzig im Jahre 1746 einige Verstärkungsflaschen, indem er in die Leitung eines langen Drahtes die Pleiße einschob.

Nach ihm, im Jahre 1747, stellte Watson in London vier Versuchsreihen an, bei denen die Entladung einer Batterie durch einen Draht über die Themse hinweg und durch das Wasser derselben zurück, ein anderes Mal durch die Biegungen eines Flusses hindurch, ferner durch zwei englische Meilen trockenen Erdreichs und zwei Meilen Draht, und in einem vierten Versuche durch eine Drahtstrecke von 12276 Fuß ohne den geringsten merkbaren Zeitverlust erfolgte *).

Le Monnier in Paris leitete den elektrischen Entladungsschlag einer Batterie durch eine Drahtlänge von 12000 Fuß hindurch.

Das Resultat aller dieser und ähnlicher Versuche war, daß bei der Vereinigung der Elektricitäten die Fortpflanzung ihrer Bewegung für die erwähnten Strecken augenblicklich geschehe.

Erst Wheatstone gelang es durch seine sinnreichen Versuche mit sehr schnell rotirenden Spiegeln die Geschwindigkeit zu ermitteln, mit welcher die Elektricität durch metallische Leiter hindurchgeführt wird. Nach diesen Untersuchungen beträgt ihre Geschwindigkeit in 1 Secunde, durch einen Messingdraht von 0,002 Meter Dicke, 62000 geographische Meilen, und übertrifft also die des Lichtes ungefähr im Verhältnisse von 29 zu 19. Damit steht dann fest, daß man die Maschinen- oder Reibungs-Elektricität benutzen könne, um auf sehr große Entfernungen Signale zu geben, und eine telegraphische Correspondenz zwischen weit von einander entfernten Orten herzustellen, ja daß es, wenn man die Elektricität zum Träger der Gedanken benutzt, keinen schnelleren Boten giebt, und daß sie in ihrem Fluge jede telegraphische Strecke im Nu durcheilt.

B. Die wichtigsten Erscheinungen und Gesetze des Galvanismus.

20. **Der Galvanismus.** Die im Jahre 1789 von Galvani in Bologna gemachten Beobachtungen, daß präparirte Froschschenkel in Zuckungen gerathen, wenn man ihre Muskeln mit einem Kupferdrahte, ihre Nerven mit einem Eisendrahte, und dann beide Drähte mit einander verbin-

*) Watson ist somit auch der eigentliche Entdecker der Leitungsfähigkeit der Erde, welche Steinheil später so glücklich bei der Telegraphie anwendete.

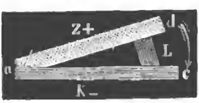
det, führten den berühmten Physiker **Alexander Volta** zu Pavia nach vielen mühsamen Versuchen zu der festen Ueberzeugung, daß jene galvanischen Erscheinungen rein Wirkungen der Elektricität sind, und das Festhalten dieser Ansicht führte ihn bald zu den glänzendsten Entdeckungen, die ihrerseits wieder die Veranlassung zur weiteren Ausbildung der elektrischen Telegraphie wurden.

Die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchungen **Volta's** sind folgende: **Wenn zwei verschiedenartige Körper, insbesondere Metalle, sich berühren, so werden beide durch die bloße Berührung elektrisch und die Stärke der elektrischen Erregung hängt ab von der Natur der Metalle.** Diese, an der Berührungsstelle verschiedenartiger Körper wirkende Kraft wird **elektromotorische** Kraft genannt; sie trennt die in dem natürlichen Zustande der Körper verbundenen Elektricitäten in die $+E$ und in die $-E$, und treibt von der Berührungsstelle aus das + Fluidum auf den einen Körper, das — Fluidum auf den anderen, wo sie in einem Zustande der Ruhe und der Spannung, in einem Streben nach Wiedervereinigung so lange verharren, bis ihnen zur Vereinigung und Ausgleichung ein Weg geboten wird. Die Metalle, sowie die Kohle, sind gute Elektromotoren, jedoch entwickelt nicht irgend ein Metall in Verbindung mit jedem anderen denselben Grad der elektrischen Spannung. Das Zink z. B., in Berührung mit dem Platin, wird stärker elektrisch, als in Berührung mit dem Kupfer; das Kupfer wird in Berührung mit dem Platin + elektrisch, in Berührung mit Zink jedoch wird es — elektrisch. Die folgende Reihe von Körpern ist derart geordnet, daß jeder derselben in Berührung mit einem anderen elektrisch wird, und zwar wird jeder in dieser Reihe früher stehende, in Berührung mit einem später kommenden, + elektrisch, der später stehende aber — elektrisch:

+ | Zink, Blei, Zinn, Eisen, Kupfer, Silber, Gold, Platin, Kohle | —

21. Galvanische Kette. — Galvanischer Strom. Wenn in Fig. 12 die Zinkplatte *ad* die Kupferplatte *ac* berührt, so sammelt sich auf der Zinkplatte die $+E$, auf der Kupferplatte die $-E$ beider Metalle. Beide Elektricitäten befinden sich in einem Zustande der Spannung oder des Strebens nach Wiedervereinigung, welche jedoch durch die Erregungsquelle, die Berührungsstelle *a*, nicht vor sich gehen kann. Verbindet man nun aber die Zink- und die Kupferplatte durch einen feuchten Leiter *L*, z. B. durch eine in Wasser oder in verdünnte Schwefelsäure getauchte Pappscheibe, oder stellt man die sich berührenden Platten in eine solche Flüssigkeit, so erfolgt durch diesen feuchten Leiter hindurch die Ver-

Fig. 12.

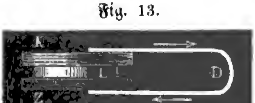


einigung der beiden getrennten Elektricitäten; die $+ E$ strömt vom Zink durch den Leiter hindurch in der Richtung des Pfeiles zu der $- E$ des Kupfers, die $- E$ des Kupfers dagegen in der entgegengesetzten Richtung zu der $+ E$ des Zinks, und die elektrische Erregung würde sogleich aufhören, wenn nicht in der fortdauernden Berührung der Metalle eine Quelle zu einer immer neuen Elektricitäts-Erregung vorhanden wäre. In dem Augenblicke, wo die beiden Elektricitäten sich durch den feuchten Leiter bewegen und sich ausgleichen, führt die elektromotorische Kraft an der Berührungsstelle *a* eine neue elektrische Spannung herbei, welche aber ebenfalls sofort wieder aufgehoben wird, um einer neuen Platz zu machen.

In diesem Apparate, welchen man, so lange der feuchte Leiter noch fehlt, eine offene, und sobald der feuchte Leiter eingeschoben ist, eine geschlossene Volta'sche oder galvanische Kette, auch wohl ein einfaches galvanisches Element nennt, findet also eine anhaltende Strömung der beiden entgegengesetzten Elektricitäten in entgegengesetzter Richtung statt. Die Strömung der $+ E$ geht dabei vom Zink durch die Flüssigkeit zum Kupfer; außerhalb der Flüssigkeit geht sie vom Kupfer über die Berührungsstelle zum Zink. Diese ununterbrochene Ausgleichung der beiden Elektricitäten in der Art einer fortdauernden Strömung heißt ein galvanischer Strom. Wenn man von der Richtung eines galvanischen Stromes spricht, so ist darunter immer die Richtung der in Bewegung befindlichen + Elektricität gemeint, welche außerhalb des Elementes vom Kupfer zum Zink erfolgt.

Um sich von dem Vorhandensein einer eigenthümlichen elektrischen Wirkung bei der Berührung zweier verschiedener Metalle bald zu überzeugen, lege man einen blanken Zinkstreifen unter die Zunge, ein Stück Silber oder Kupfer auf die Zunge und bringe dann beide Metallstücke außerhalb der Zunge in Berührung; in demselben Augenblicke wird man einen eigenthümlichen Geschmack empfinden, welchen man vor der Berührung der Metalle nicht wahrgenommen hat. Oder man lege den Zinkstreifen an das etwas befeuchtete untere Augenlied, und klemme den Kupferstreifen zwischen die Oberlippe und das Zahnfleisch, so wird man in dem Augenblicke, wo die beiden Metalle in Berührung gebracht werden, einen schwachen Lichtschimmer vor den Augen bemerken.

Fig. 13.

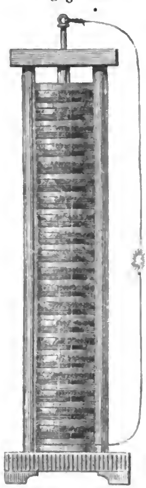


Die einfachste Form einer geschlossenen Volta'schen Kette zeigt die Fig. 13, in welcher Z die Zinkplatte, K die Kupferplatte, L den feuchten Leiter und D einen die Berührung zwischen Z und K bewirkenden Kupferdraht, Schließungsdraht genannt, bezeichnet. Der galvanische Strom, d. h. die Bewegung

der $+E$ erfolgt in der Richtung des beigesetzten Pfeiles, nämlich außerhalb der Flüssigkeit vom Kupfer zum Zink.

22. **Die Volta'sche Säule. — Galvanische Batterien.** Wenn man, wie in Fig. 14, mehrere zusammengesetzte Plattenpaare von Zink und Kupfer immer in derselben Ordnung auf einander schichtet und zwischen jedes Paar einen feuchten Leiter (Filz-, Tuch- oder Pappscheiben) einschiebt, so daß die Reihenfolge der zusammengeschichteten Körper von oben nach unten gerichtet ist:

Fig. 14.



Kupfer, Zink, Leiter, | Kupfer, Zink, Leiter, |

Kupfer, Zink, Leiter, u. s. w. Kupfer, Zink,

daß also das eine Ende der Säule mit Zink schließt, wenn das andere mit Kupfer anfängt, so entsteht, wenn die beiden Enden der Säule durch einen Schließungsdraht verbunden werden, ein um so stärkerer galvanischer Strom in der Säule und in dem Drahte, je mehr Plattenpaare die Säule enthält. Die Enden der Säule heißen Pole, und zwar bildet das Zinkende den + Pol, das Kupferende den — Pol. Die Pappscheiben werden in Wasser getränkt, welches mit Kochsalz oder Schwefelsäure versetzt ist, und gestatten dann dem Strome einen leichteren Durchgang, als wenn sie mit reinem Wasser befeuchtet sind. Die Säule wird gewöhnlich in horizontaler Lage angewandt.

Damit der Schließungsdraht von dem Strome vollständig durchlaufen werde, und um zu verhüten, daß derselbe die Elektricität nicht an andere Gegenstände, mit denen er zufällig in Berührung kommen könnte, abgebe, umgiebt man ihn auf seine ganze Länge mit einem Nichtleiter, welches gewöhnlich dadurch geschieht, daß man ihn mit grüner Seide recht dicht und sorgfältig umspinnt oder ihn mit einer Hülle von gereinigter Gutta Percha überzieht.

Von den Wirkungen des galvanischen Stromes heben wir in dem Folgenden als die wichtigsten hervor a) die Lichterscheinungen, b) die Wärmeerregung, c) die physiologischen, d) die chemischen, und e) die magnetischen Wirkungen.

23. **Die Lichterscheinungen** kann man schon bei wenigen, ja selbst schon bei einem einzigen galvanischen Elemente von großer Oberfläche kennen lernen. Bringt man, wie in Fig. 14, die Enden der von den Polen ausgehenden Drähte zusammen, so bemerkt man bei ihrer Trennung einen schönen hellen Funken, namentlich wenn man vorher diese Enden ver-

quickt hat. Nimmt man zu diesem Versuche eine Batterie von 40 — 50 Elementen, wie sie in dem Folgenden beschrieben werden, und setzt auf die Enden der Poldrähte Spitzen von Coaks, so zeigt sich an den genäherten Kohlenspitzen eine unter dem Namen des Solarlichtes bekannte prachtvolle Lichterscheinung, deren blendender Glanz dem Auge gefährlich werden kann. Bemerkenswerth ist hierbei, daß, während die Reibungs-Elektricität eine so bedeutende Spannung hat, daß unter günstigen Umständen in Entfernungen von 40 Zoll Funken auf benachbarte Leiter überspringen, dieses bei den gewöhnlichen galvanischen Batterien nicht der Fall ist. Jakobi konnte die Pole einer sehr starken galvanischen Batterie bis auf $^1/_{20000}$ Zoll einander nähern, ohne daß ein Funken übersprang und die Batterie einen Strom lieferte. Die gewöhnlichen galvanischen Batterien haben also im Gegensatze zu den Elektrisirmaschinen und den Leydener Batterien keine Schlagweite.

24. **Die Wärmeerregung** des galvanischen Stromes zeigt sich ebenfalls schon bei einem einzigen Elemente von großer Oberfläche, da ein feiner in den Schließungsdraht desselben eingeschalteter Platindraht rothglühend wird. Durch zusammengesetzte Ketten von Volta'schen Säulen schmelzt man dieses Metall mit Leichtigkeit, so wie Eisen dadurch unter prachtvollem Funkensprühen verbrennt und selbst Quarz, Kalk u. s. w. unter dem blendendsten Glanze geschmolzen werden.

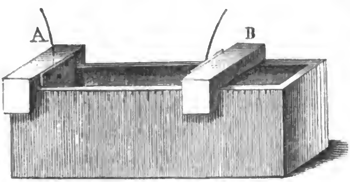
25. **Die physiologischen Wirkungen** des galvanischen Stromes machen sich schon, wie S. 27 angedeutet wurde, durch Affection der Geschmacks- und der Gesichtsnerven bemerkbar. In viel höherem Grade treten sie hervor, wenn man die Poldrähte einer kräftigen galvanischen Batterie mit angefeuchteten Händen anfaßt; man empfindet in diesem Falle sowohl während der Dauer des Stromes, als insbesondere in dem Momente des Schließens und des Oeffnens der Batterie ein auf die Dauer unerträgliches Gefühl, ein Zucken und Brennen in den Armen und in der Brust. Auch beruhen hierauf die höchst interessanten Versuche, welche mit galvanischen Strömen mehrfach an eben getödteten Thieren und Menschen gemacht worden sind.

26. **Die chemischen Wirkungen** des galvanischen Stromes sind in theoretischer und praktischer Beziehung ungleich wichtiger, als die vorhin besprochenen, insofern sie einerseits über das Wesen und die Entstehung des Stromes näheren Aufschluß geben und andererseits in der Technik (Galvanoplastik, galvanische Vergoldung, versuchsweise sogar bei der Telegraphie) vielfach in Anwendung kommen.

Bildet, wie bei L in Fig. 12 und 13, Wasser einen Theil des Leiters, so wird dasselbe durch den Strom in seine Bestandtheile, Sauerstoff und Wasserstoff, zersetzt. Der Sauerstoff geht an das Zink Z (das positive Metall) und bildet daselbst Zinkoxyd, der Wasserstoff geht an das Kupfer K (das negative Metall) und bedeckt in Kurzem diese Platte mit einer Gasat-

mosphäre. Es folgt hieraus, daß, abgesehen von der eigenthümlichen elektromotorischen Kraft des Wasserstoffs gegen das Kupfer, die metallischen Flächen des Zinks und des Kupfers in Kurzem von der leitenden Flüssigkeit getrennt werden, und statt der früheren rein metallischen Berührung der Flüssigkeit und der Platten nun eine Berührung von Zinkoxyd und Wasserstoff mit der leitenden Flüssigkeit eintritt. Der anfängliche Strom nimmt in Folge davon sehr bald an Stärke ab, und ist meist nach kurzer Dauer verschwunden. Dasselbe findet in erhöhtem Maße statt bei der gewöhnlichen Volta'schen Säule, da in Folge der durch den stärkeren Strom herbeigeführten lebhafteren Zersetzung des Wassers der Sauerstoff sich mit dem Zink zu Zinkoxyd vereinigt und der Wasserstoff in Gestalt von feinen Bläschen das Kupfer belegt, anstatt der ursprünglichen Zink-Kupfer-Säule also nun eine Combination von weit schwächeren Elektromotoren, Zink-Wasserstoff, entsteht.

Fig. 15.



Stellt man in ein Gefäß mit gesäuertem Wasser, Fig. 15, zwei Platinplatten *A*, *B* und verbindet sie mit dem Poldrähten einer Volta'schen Säule oder einer anderen galvanischen Batterie, so wird das zwischen den Platinplatten befindliche Wasser ebenfalls zersetzt; der Sauerstoff wird zu der positiven, der Wasserstoff zu der negativen Platinplatte hingeführt. Da der Sauerstoff sich hier mit dem Platin nicht verbindet, so steigen die beiden Gase an den Platinplatten aus der Flüssigkeit empor.

Wie das Wasser werden sehr viele andere zusammengesetzte Körper durch den galvanischen Strom zersetzt, und es liegt in dieser Zersetzbarkeit der flüssigen Leiter der Hauptgrund für die Unbeständigkeit der früheren Volta'schen Säulen.

Nehmen wir wieder die einfache Combination von Zink-Kupfer mit einem feuchten Leiter (Fig. 12 oder 13), so bildet sich in Folge der Wasserzersetzung alsbald Zinkoxyd und eine Wasserstoffatmosphäre um die Kupferplatte, wodurch der Strom geschwächt wird. Nimmt man statt des reinen Wassers als Leiter eine Mischung von Wasser und Schwefelsäure (gesäuertes Wasser), so erfolgt dieselbe Zersetzung des Wassers, das Zinkoxyd aber verbindet sich mit der nicht zersetzbaren Schwefelsäure zu schwefelsaurem Zinkoxyd oder Zinkvitriol, welcher von der übrigen Flüssigkeit aufgelöst wird. Dadurch wird also die metallische Fläche des Zinks so lange rein erhalten, als Wasser genug vorhanden ist, um den gebildeten Zinkvitriol aufzulösen. Der schädliche Einfluß des Wasserstoffs wird aber dadurch nicht aufgehoben;

um ihn zu entfernen, bleibt nichts übrig, als das negative Metall (die Kupferplatte) mit einem solchen Material zu umgeben, welches den herankommenden Wasserstoff begierig aufnimmt, und dadurch das Anhaften desselben an das Metall verhindert. Da nun der Wasserstoff in dem Augenblicke seines Ausscheidens sich gern mit dem Sauerstoff verbindet, so umgiebt man die Kupferplatte mit einem sauerstoffreichen Material, welches dann einen Theil des Sauerstoffs an den durch den Strom abgeschiedenden Wasserstoff abtritt und eine Verbindung beider Gase zu Wasser hervorruft. Das negative Metall bleibt dadurch unveränderlich in reinem Contacte mit der Flüssigkeit, und da dasselbe mit dem positiven Metall (dem Zink) der Fall war, so bleibt die Wirkung einer solchen galvanischen Combination so lange constant, bis entweder der Zinkvitriol nicht mehr aufgelöst werden kann und die Zinkplatte davon bedeckt wird, oder das sauerstoffreiche Material um die Kupferplatte zersetzt worden ist.

27. **Constante Batterien.** Becquerel war der Erste, welcher Ketten dieser Art construirte. Nach ihm haben besonders Daniell, Grove und Bunsen sich um die Herstellung constanter Ketten verdient gemacht, und es haben die von dem Letzteren construirten Batterien allgemeine Verbreitung und Anwendung im Großen gefunden. Alle aber erfordern, da sich das sauerstoffreiche Material, welches das negative Metall (Kupfer, Platin, Kohle, Eisen u. s. w.) umgiebt, nicht mit der übrigen das Zink umgebenden Flüssigkeit vermischen darf, zwei Behälter (Zellen) mit zwei feuchten Leitern. Das Zink steht, wie bisher, immer in angesäuertem Wasser, das elektronegative Metall aber in der sauerstoffreichen Flüssigkeit, welche von der ersteren durch eine Thierblase, eine poröse Wand, oder ein Gefäß von Thon u. s. w. zwar getrennt, aber dennoch mit ihr in leitender Verbindung geblieben ist.

1. Die Daniell'sche Batterie besteht aus mehreren einzelnen Zellen folgender Construction: Fig. 16. Fig. 17. *efgh* ist ein unten verschlossener

Fig. 16.

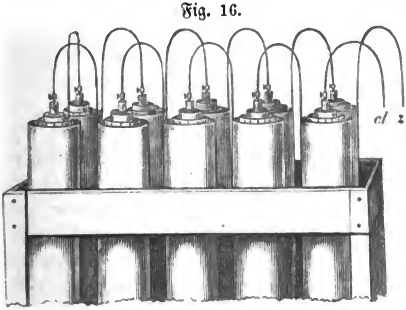
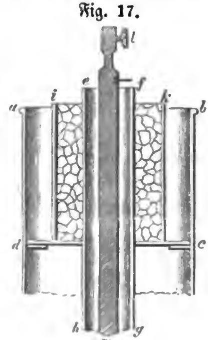


Fig. 17.



Thoncylinder, der mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt ist, und in dessen Mitte sich ein massiver Zinkcylinder *m* befindet. Der Thoncylinder steht wieder in der Mitte eines Kupfercylinders *abcd*, der mit einer concentrirten Kupfervitriol-Auflösung angefüllt ist. An dem oberen Theil dieses Kupfercylinders ist ein cylindrischer Behälter *ikcd* angebracht, der mit grob gestoßenem Kupfervitriol angefüllt ist, und dessen Boden- und Seitenwände durchlöchert sind, damit die Kupfervitriol-Auflösung im Inneren des Kupfercylinders in dem Verhältnisse, wie sie durch den Strom zersetzt und verdünnt wird, sich wieder sättigen könne. Jeder Zinkcylinder ist mit dem Kupfergefäße des folgenden Paares durch einen Draht verbunden. Die beiden Enddrähte *d*, *z* bilden die Pole der Batterie.

Die Wirkung derselben in ihrem Inneren ist der Art, daß sich in der Zinkzelle, wie vorhin beschrieben ist, Zinkvitriol bildet, welcher von der Flüssigkeit aufgelöst wird, und daß frei gewordener Wasserstoff nach den Kupfercylindern hingeführt wird. In der Kupferzelle aber zerfällt ein entsprechender Theil des Kupfervitriols in Schwefelsäure und Kupferoxyd; erstere bleibt unzersetzt und letzterer wird in die Bestandtheile Kupfer und Sauerstoff zersetzt. Dem aus der Zinkzelle herauskommenden Wasserstoff begegnet der aus dem Kupferoxyde freigewordene und nach der Zinkplatte hineilende Sauerstoff; beide Gase verbinden sich zu Wasser, und die Bildung einer Wasserstoffatmosphäre um den Kupfercylinder ist dadurch verhütet. Das aus dem Kupferoxyde nach Ausscheiden des Sauerstoffs übrig bleibende reine Kupfer wird von dem Strome zu den Kupfercylindern geführt, wo es sich in cohärenter Masse ablagert.

Die Elektromotoren dieser Batterie, Zink und Kupfer, bleiben also in demselben Zustande, und erzeugen daher einen constanten Strom. Die Daniell'sche Batterie ist geruchlos, entwickelt keine sauren Dämpfe, und kann daher unbedenklich an jedem beliebigen Orte aufgestellt werden, ohne auf die Gesundheit oder die metallischen Theile der Umgebung nachtheilig einzuwirken. Sie ist vorzüglich für diejenigen telegraphischen Vorrichtungen geeignet, welche, während sie in Thätigkeit sind, eine geschlossene Batterie erfordern, für andere weniger, da bei lange geöffneter Kette an dem Boden der Thonzellen sich metallisches Kupfer ablagert, die Zellen selbst dadurch verdorben werden, und der Strom geschwächt wird.

2. Die Grove'sche Zink-Platin-Batterie ist der vorigen ähnlich. Jedes Element, Fig. 18, besteht aus Zink und Platin; das Platin befindet sich im Inneren einer unten geschlossenen Thonzelle, umgeben von concentrirter Salpetersäure. Die ganze Vorrichtung, umgeben von dem Zinkcylinder, wird so in ein mit verdünnter Schwefelsäure angefülltes Glasgefäß gestellt. Das Platinblech ist, wie man aus Fig. 19 sieht, in Form eines *S* gebogen und an einen runden Deckel von Porzellan befestigt; es ist nämlich an einem durch den Deckel herabgehenden Kupfer- oder Platindraht angelöthet, und

dieser Draht trägt über dem Deckel eine Messingklammer. Eine ähnliche Klammer sitzt auf dem Zinkcylinder. In den Oeffnungen dieser Klam-

Fig. 18.



Fig. 19.



mern werden diejenigen Drähte festgeklemmt, welche für die Verbindung der einzelnen Elemente zu einer Batterie erforderlich sind. Verbindet man das Platinblech des einen Elementes mit dem Zinkcylinder des folgenden u. s. w., so erhält man eine Batterie nach Art der Volta'schen Säule von sehr starker und ziemlich regelmäßiger Wirkung.

Der Vorgang im Inneren der Zinkzelle ist derselbe, wie bei der vorigen Batterie; der Wasserstoff aber gelangt hierbei durch die poröse Wand in die Platinzelle zu der Salpetersäure. Hier aber entreißt er dieser sehr sauerstoffreichen Flüssigkeit einen Theil des Sauerstoffs und bildet damit Wasser; er kann also die Platinoberfläche nicht bedecken, und dieses Metall bleibt wie das Zink im fortwährenden Contacte mit der Flüssigkeit. Der auf diese Weise an Sauerstoff ärmer gewordene Theil der Salpetersäure bildet ein Gas, salpetrigsaures Gas genannt, welches in Form von röthlich-gelben Dämpfen entweicht und sowohl der Gesundheit nachtheilig ist, als auch die in seiner Nähe befindlichen metallischen Werke stark angreift.

Der hohe Preis der Platina in Verbindung mit den zuletzt genannten Nachtheilen machen die Grove'sche Batterie für telegraphische Zwecke ungeeignet.

3. Die Bunsen'sche Zink-Kohlen-Batterie ersetzt das theure Platin durch eine in Gestalt eines hohlen Cylinders geformte, eigenthümlich präparirte Kohlenmasse.

Die Figuren 20, 21, 22 stellen dieselben in ihren Theilen und ihrer Zusammensetzung dar:

Fig. 20.



Fig. 21.

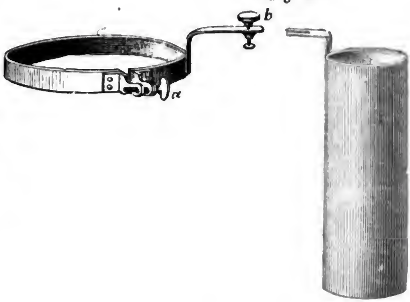
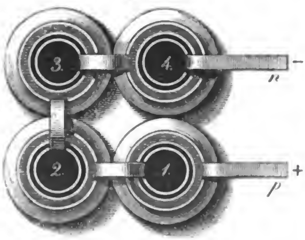


Fig. 22.



Wie aus Fig. 20 ersichtlich ist, wird ein solcher unten offener Kohlencylinder in ein nach oben sich verengendes Glasgefäß gestellt; in die Höhlung des Kohlencylinders wird ein hohler, unten verschlossener Thoncylinder gestellt. Um den oberen, aus dem Glasgefäße hervorragenden Theil des Kohlencylinders wird ein Ring *a* fest herumgelegt; dieser Ring trägt an dem Bügel *b* den hohlen Cylinder *c* von Zinkblech. Der Ring *a* ist von Kupfer und kann, wie aus Fig. 21 ersichtlich ist, einerseits durch eine Schraube bei *a* fest an den Kohlencylinder angelegt werden, so wie er andererseits durch den kupfernen Querbügel und die Schraube *b* den Zinkcylinder an dem eingeschlitzten Theile eines Seitenbügels aufnehmen kann.

Die Thonzelle, welche im Inneren des Kohlencylinders steht, wird mit verdünnter Schwefelsäure, das Glasgefäß aber, in welchem die Kohle sich befindet, mit concentrirter Salpetersäure angefüllt. Der Zinkcylinder *c* des einen Elementes hängt in die mit Schwefelsäure gefüllte Thonzelle des nächstfolgenden Elementes. Wie diese einzelnen Elemente zur Batterie verbunden werden, zeigt die Fig. 22. Die Kohlencylinder sind durch horizontale Schraffirung bemerklich gemacht, der hierauf folgende weiße Ring stellt den Thoncylinder und der innerste weiße Ring den Zinkcylinder

vor. Der Zinkcylinder des ersten Glases ist mit dem Kupferbügel oder dem Kohlencylinder des zweiten Glases, der Zinkcylinder des zweiten Glases mit dem Kupferbügel des dritten Glases u. s. w. verbunden; endlich ragt der Zinkcylinder des letzten Glases mit seinem Bügel aus der Batterie hervor und bildet den — Pol, sowie der Kupferbügel des ersten Glases den + Pol bildet.

E. Stöhrer in Leipzig hat die Kohlen-Batterie bedeutend verbessert. Die Fig. 23 giebt eine Ansicht eines solchen Elementes. Der aus sehr dichter und fester Kohle bestehende Cylinder *F* hat oben einen vorspringenden Rand, welcher auf dem Rande des den Cylinder umgebenden Glasgefäßes aufsitzt und mit einem starken Ringe *G* von Kupfer versehen ist. Dieser Ring dienet nicht wie bei den älteren Constructionen, um den Strom von dem Kohlencylinder aufzunehmen, sondern er ist nur der Träger einer Erweiterung *A A*, in welcher eine Preßschraube *B* sitzt. Dieser Schraube gegenüber liegt die Kohle bloß und ist bei *D* der Bogen in eine gerade Fläche verwandelt, um dem Verbindungsstücke des nächsten Zinkstückes eine ebene Berührungsfläche darzubieten. Das Zink ist kreuzförmig, weil diese Form sich durch Guß leicht darstellen und bequem amalgamiren*) läßt. Es endigt in einen runden Hals *E*, in welchem der Schließungsbogen, aus rundem, geglühtem Kupferdraht bestehend, eingelöthet ist.

Fig. 23.



Der Draht endigt in ein starkes Kupferstück *C*, welches auf der Seite, mit welcher es in den nächsten Kohlencylinder zwischen *D* und *B* eingepreßt wird, mit Platin überzogen sein kann.

Der vorspringende Rand der Kohlencylinder ist in Wachs getränkt und der Ring mit einem Kitt, aus Wachs und Kolophonium zu gleichen Theilen gemischt, in- und auswendig überzogen und aufgekittet. Da die mit Platin belegte Platte *C* den Strom unmittelbar von der Kohle aufnimmt, so ist hiermit der Hauptübelstand, welchen die früheren Kohlenbatterien besaßen,

*) In allen constanten Batterien wird als positives Metall nicht reines, sondern amalgamirtes, d. h. mit Quecksilber verbundenes Zink angewandt. Dasselbe widersteht dem Angriffe der verdünnten Schwefelsäure besser als reines Zink und ist außerdem noch elektropositiver als letzteres.

daß die zur Aufnahme des Stromes dienenden Kupferringe sehr schnell oxydirten und dann schlecht leiteten, beseitigt. — Die Füllung dieser Kohlenbatterie bestehen für telegraphische Zwecke aus 15- bis 20fach verdünnter Schwefelsäure sowohl in den Thonzellen für das Zink, als auch außerhalb derselben für die Kohlencylinder. In diesen Fällen muß das Zink sehr sorgfältig amalgamirt sein, was weniger nothwendig ist, wenn man zum Zink eine gesättigte Alaunauflösung verwendet.

Mit jeder dieser Füllungen läßt die constante Wirkung der Batterie bei telegraphischen Apparaten, die im Ruhezustande geöffnete Batterien haben, und zum Arbeiten nur eines augenblicklichen Schlusses bedürfen, nichts zu wünschen übrig, und man kann sich derselben, wie dieses auf mehreren bedeutenden Staatslinien der Fall ist, 6 bis 8 Wochen lang, ohne die Flüssigkeit erneuern zu müssen, bedienen *).

In England wendet man allgemein die sogenannte Sandbatterie an, eine Kette, welche aus Zink, Kupfer und Sand besteht. Der Sand wird zwischen die Metallplatten in Tröge oder Fässer eingepreßt und mit verdünnter Schwefelsäure befeuchtet. Von Zeit zu Zeit muß dieselbe befeuchtet und in der Regel alle 5 bis 6 Wochen auseinandergenommen und erneuert werden. Die Zinkconsumtion ist dabei nicht bedeutend.

Was nun die Wahl der Batterien für telegraphische Zwecke betrifft, so wird diese allein durch die Construction und die Einschaltung der Apparate bedingt. Wo im Stande der Ruhe die Batterien geöffnet sind und demnächst für das Arbeiten der Apparate kein zu rasches Oeffnen und Schließen der Ketten stattfindet, kann man sehr wohl mit nicht constanten Ketten operiren. So hatten die österreichischen Nadeltelegraphen Smee'sche Batterien mit nur einer Flüssigkeit (25fach verdünnter Schwefelsäure), in welchen Zink und verplatinirte Silberplatten die Elektromotoren bildeten, und die erwähnten englischen Sandbatterien sind ebenfalls gar nicht constant. Sind dagegen im Stande der Ruhe die Batterien geschlossen, wie auf den Eisenbahnlinien, oder findet auch nur, wie bei den Simens'schen und Kramer'schen Apparaten, ein außerordentlich rasches Oeffnen und Schließen der Kette statt, so bewirkt die Polarisation, d. h. die Einwirkung der Wasserstoffatmosphäre auf das negative Metall, eine solche Schwächung und Veränderlichkeit der Stromstärke, daß ein sicherer Gang der Apparate nicht zu erreichen ist. In diesen Fällen hat, trotz aller Versuche, bis jetzt die Daniell'sche Batterie noch immer den ersten Platz behauptet.

28. **Intensität des galvanischen Stromes.** Die galvanische

*) Ein Stöhrer'sches Element, wie es in Fig. 23 in 1/3 natürlicher Größe abgebildet ist, kostet in Partien von 100 Stück 1½ Thaler. — Der Kohlencylinder allein 10 Sgr. Größere Elemente, in denen der Kohlencylinder 7 Zoll hoch ist, kosten 2 Thaler.

Batterie oder vielmehr der durch sie erzeugte elektrische Strom ist die Seele des elektrischen Telegraphen. Wie verschieden auch die einzelnen Zeichengeber eingerichtet sein mögen, bei allen ist die Batterie der Sitz der Kraft, welche die Bewegungen desselben behufs der Zeichengebung veranlaßt oder regulirt.

Zur Entstehung eines elektrischen Stromes ist im Allgemeinen erforderlich, erstens, daß in einem Körper auf irgend eine Weise eine elektrische Spannung, d. h. eine Trennung der im natürlichen Zustande vereinigten Elektricitäten mit dem Bestreben nach Wiedervereinigung erzeugt, und zweitens, daß von Metallen oder von anderen Leitern der Elektricität ein von dem Sammelpunkte der einen Elektricität ausgehender und zu dem Sammelpunkte der anderen Elektricität wieder zurücklaufender Weg gebildet werde, auf welchem die Ausgleichung der getrennten Elektricitäten vor sich gehen kann. Die Quelle oder die Ursache jener elektrischen Spannung wird, wie gesagt, elektromotorische Kraft, der Weg, auf welchem die Wiedervereinigung der Elektricitäten stattfindet, wird Schließung oder Leitung genannt.

Die Intensität eines galvanischen Stromes steht in geradem Verhältnisse zu der Stärke der elektromotorischen Kraft, wird aber außerdem sehr modificirt durch den Widerstand, welchen die die Leitung bildenden Körper dem Durchgange des elektrischen Stromes entgegensetzen. Nach dem Ohm'schen Gesetze ist die Kraft einer galvanischen Batterie der gesammten in ihr wirksamen elektromotorischen Kraft direct, dem Leitungswiderstande aller ihrer Theile aber umgekehrt proportional.

Der Widerstand, den die einzelnen Körper dem Durchströmen der Elektricität entgegensetzen, ist nach der verschiedenen Beschaffenheit dieser Körper sehr verschieden. Die Metalle setzen dem Durchgange des Stromes einen viel kleineren Widerstand entgegen als die Flüssigkeiten; das Kupfer z. B. leitet den Strom ungefähr 7000 Millionen Mal besser als das Wasser; das gesäuerte Wasser oder Auflösungen von gewissen Salzen, z. B. Kupfervitriol, setzen dagegen dem Strome einen weit geringeren Widerstand entgegen als das reine Wasser.

Außerdem ist der Widerstand eines und desselben Leiters umgekehrt proportional seinem Querschnitte, aber direct proportional seiner Länge. Je länger der Schließungsdraht einer Batterie ist, desto mehr Widerstand bietet er dem Strome und desto geringer ist die Intensität dieses letzteren; je dicker aber der Draht ist, desto weniger Widerstand leistet er dem Strome und desto größer ist die Wirkung dieses letzteren. Daher kann durch Vergrößerung des Querschnittes der Leitung die Intensität des Stromes stark vermehrt, ja es kann dadurch bewirkt werden, daß ein an und für sich schlechter Leiter, z. B. das Wasser, das Erdreich, den Strom weniger schwächt als ein guter Leiter, z. B. Kupfer. Durch Theorie und Versuche ist ferner nachgewiesen, daß der Strom, wenn er auf seinem Wege auch noch so verschiedene Leitungswiderstände antrifft, dennoch in allen Theilen der Leitung,

wenn sie auch noch so weit von der Quelle der Elektricität, der Batterie, entfernt sind, dieselben Wirkungen auszuüben im Stande ist, welche er in der Nähe der Batterie äußern kann. Aendert sich daher aus irgend einer Ursache, sei es durch Aenderung der elektromotorischen Kraft oder des Leitungswiderstandes, die Stärke des Stromes, so muß diese Aenderung sich über die ganze Kette erstrecken; ein Zu- oder Abnehmen der Stromstärke bloß in einigen Punkten der Kette kann bei einer vollkommenen Leitung nie eintreten.

29. Da man die Leitung der Batterie, um ihre Wirksamkeit auf entfernte Stationen übertragen zu können, nach diesen Stationen hin und von dort wieder zur Batterie zurückführen muß, so spricht man gewöhnlich von zwei Leitungen, einer Hin- und einer Zurückleitung. Beide müssen, wenn ein Strom durch sie hindurchgehen soll, nothwendig ein continuirlich zusammenhängendes, die Elektricität leitendes Ganze bilden; aber es kann die Leitung aus zwei oder mehreren ungleich leitenden Theilen, z. B. theils aus Kupfer, theils aus Eisen oder feuchter Erde, Wasser u. s. w. bestehen. In diesem Falle schwächen die schlechten Leiter die Wirkung des Stromes in jedem Punkte der ganzen Leitung nach Maßgabe ihres Leitungswiderstandes. Besteht nun eine telegraphische Leitung theils aus Kupferdraht, theils aus feuchter Erde oder Wasser, so wird doch die durch diesen schlechten Leiter hervorgebrachte Stromschwächung wieder aufgehoben werden, wenn nur der Querschnitt des schlechten Leiters nach Maßgabe seines Leitungswiderstandes vergrößert wird.

30. **Steinheil's Entdeckung, die Erde als Leitung für den galvanischen Strom zu benutzen.** — Als Steinheil im Jahre 1838 auf der Nürnberg-Fürther Eisenbahn Versuche darüber anstellte, ob die Schienen als Leitung für den Telegraphen benutzt werden könnten, beobachtete er, daß der Strom von einem Gleise zu dem gegenüberstehenden durch die Erde hindurchdrang, und er kam auf den Gedanken, ob es nicht möglich sei, das Erdreich selbst als Leiter zu benutzen und so wenigstens die Hälfte der metallischen Leitungskette zu ersparen. Er fand dieses bestätigt und sah sich dadurch im Stande, seinen Telegraphen mit einer einzigen Drahtleitung in Betrieb zu setzen.

Diese Entdeckung Steinheil's, die Erde als Leitung für den galvanischen Strom anzuwenden, gehört zu den glänzendsten Erfindungen in dem Gebiete der elektrischen Telegraphie und ist als ein Fortschritt zu bezeichnen, welcher zur Anlegung großer elektrischer Telegraphenlinien am meisten beigetragen hat.

Steinheil selbst spricht sich über seine Entdeckung folgendermaßen aus:

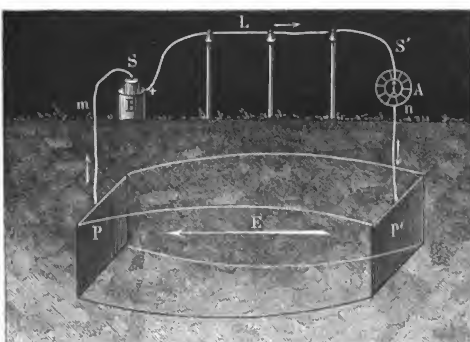
Man kann aus sogenannten schlechten Leitern (18.), wie das Erdreich, das Wasser u. s. w., eben so gut als aus den am besten leitenden Metallen

Conductoren herstellen, wenn man sie nur in demselben Verhältnisse dicker macht, als sie schlecht leiten. Gesetzt, Wasser leite 100000mal schlechter als Kupfer, so kann von Wasser ein Leiter hergestellt werden, der nicht mehr Widerstand bietet als der kupferne, wenn seine Durchschnittsfläche 100000mal größer ist. Um aber so große Durchschnittsflächen des schlechten Leiters zu erhalten, ist nur nöthig, die Enden des metallischen Theiles der Leitung in Flächen (Metallplatten) von den erforderlichen Dimensionen ausgehen zu lassen, und diese in Berührung mit dem metallischen Leiter zu bringen.

Hieraus ergiebt sich, daß der Widerstand des feuchten Erdreichs gleich Null werden muß, wenn man unendlich große Metallplatten in die nasse Erde legen könnte. Da jedoch diese Platten in der Praxis nur eine sehr bedingte Größe haben und außerdem nicht immer in sehr nasse Erdschichten versenkt werden können, so folgt schon hieraus, das der mittelst der Erdplatten durch die Erde dem Strom gebotene Widerstand nicht immer gänzlich verschwindet, jedenfalls aber auf eine im Verhältnisse zu dem dünnen Metalldrahte ganz geringe Größe herabsinkt, in Folge dessen die Stärke des galvanischen Stromes in demselben Maße anwächst.

Die Fig. 24 erläutert schematisch das im Allgemeinen immer wieder-

Fig. 24.



kehrende Arrangement einer Erdleitung. *S*, *S'* sind zwei correspondirende Telegraphenstationen, *B* die Batterie, *A* ein Telegraphenapparat; der durch die Luft ausgespannte Leitungsdraht *L* von Kupfer oder Eisen geht von dem einen Pole der Batterie nach dem Apparate *A*, während der andere Pol mit der einen Erdplatte *P*, der Ausgangspunkt des Apparates aber mit der anderen Erdplatte *P'* metallisch verbunden ist. Die Erdplatten sind von Zink oder von Kupfer, etwa 20 Quadratfuß groß, und liegen in einem Brunnen oder

dem Bette eines Flusses. So lange in der Kette $PmBLAnP'$ irgendwo eine Unterbrechung vorhanden ist, kann kein Strom circuliren und die Batterie ist geöffnet, wenn auch die Poldrähte m und L mit den Polen verbunden sind. Befindet sich aber in der genannten Kette keine Unterbrechung, so ist die Batterie geschlossen und der Strom nimmt die Richtung der beigesetzten Pfeile, nämlich außerhalb der Batterie vom + Pole durch L nach S', durchläuft hier den Apparat A und geht zur Erdplatte P'. Von hier geht er durch das feuchte Erdreich wie durch einen zweiten Metalldraht, nur wegen des viel größeren Querschnittes viel leichter, zurück nach der Gegenplatte P der Station S, wo er bei dem — Pole der Batterie wieder anlangt und den Kreislauf schließt. Wollte man hierbei die Erdschicht E durch einen zweiten dem L gleichen Draht ersetzen, so würde dadurch in der Kette ein beinahe doppelt so großer Widerstand entstehen, als bei Anwendung der Erdleitung, da diese selbst fast gar keinen Widerstand leistet; der Strom würde also auf beinahe die Hälfte seiner früheren Stärke herabsinken, und um ihm die vorige Stärke wieder zu geben, müßte man eine beinahe doppelt so starke Batterie anwenden.

Man sieht hieraus, daß durch die Erdleitung nicht bloß die Hälfte der metallischen Leitung gespart wird, sondern man auch an Stromstärke bedeutend gewinnt und mit weit kleineren Batterien operirt werden kann.

31. **Die Erdbatterie.** Als Gauß das Steinheil'sche Experiment, den galvanischen Strom durch den feuchten Erdboden zurückzuleiten, an der Göttinger Leitungskette wiederholen wollte, versah er die Enden des Leitungsdrahtes auf der einen Station mit einer Kupferplatte, auf der anderen Station mit einer Zinkplatte. Als diese Platten in die feuchte Erde eingegraben wurden, ging ein kräftiger galvanischer Strom durch die ganze Leitung hindurch. Eine solche Combination war offenbar nichts weiter als ein einfaches Volta'sches Element, im größeren Maßstabe ausgeführt; die hier gegen 3000 Fuß dicke feuchte Erdschicht zwischen den beiden Metallplatten vertrat die Stelle der angesäuerten Papp- oder Filzscheibe.

Bain hat später dieselbe Einrichtung getroffen, um einen lange andauernden und constanten Strom zu erhalten. Indem er an zwei verschiedenen Orten Zink- und Kupferplatten einander gegenüber in die feuchte Erde setzte und beide durch einen isolirten Draht verband, erhielt er einen Strom von hinreichender Kraft, um seinen Telegraphen in Thätigkeit zu versetzen. Nach demselben Principe sind auch die galvanischen Erregungs-Apparate construirt, mittelst deren sowohl Bain, als auch Robert Weare ihre elektrischen Uhren in andauerndem, sehr regelmäßigem Gange erhalten. Eine solche Erdbatterie ist so lange von stets gleicher Wirkung, bis im Verlaufe der Zeit eines der Metalle sich in Oxyd verwandelt hat, was nach allen Erfahrungen hierüber nur sehr langsam geschieht.

Die ausgedehnteste Anwendung der Erdbatterie machte **Steinheil** auf der von ihm längs der Eisenbahn von **München** nach **Nanhofen** im Jahre 1846 errichteten, an 108,000 Fuß (4½ Meilen) langen Telegraphenlinie, um dadurch sowohl den Dienst auf der Eisenbahn zu controliren, als auch andere telegraphische Nachrichten zu befördern.

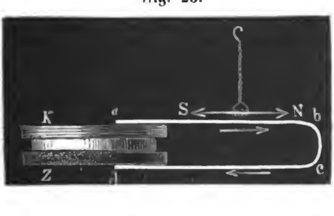
Die Metallplatte in München ist ein **Kupferblech** von 120 Quadratfuß Fläche, in Nanhofen ein **Zinkblech** von derselben Größe; beide Metallplatten sind bis in das Horizontal-Wasser versenkt und durch einen auf Stangen durch die Luft geleiteten Kupferdraht verbunden. Bei dieser Einrichtung geht beständig ein galvanischer Strom durch die Drahtleitung und den Erdboden, welcher hinreichend ist, um die nöthigen Zeichen durch Ablenkung von eingeschalteten Magnetnadeln oder von Elektromagneten zu geben. Indessen sind die Zeichengeber **Steinheil's** sehr einfach und erfordern, um in Bewegung zu kommen, nur eine geringe Kraft; zum sicheren Betriebe eines **Morse'schen** oder eines Zeiger-Telegraphen fehlt es der Erdbatterie an Kraft.

C. Die wichtigsten Erscheinungen und Gesetze des Elektro-Magnetismus.

32. **Der Elektro-Magnetismus.** Im Jahre 1820 beobachtete **Oersted**, Professor in Kopenhagen, daß eine Magnetnadel, an welcher ein galvanischer Strom vorbeigeht, ihre Richtung von Süden nach Norden verläßt. Die Art der Ablenkung dieser Nadel ist verschieden, je nachdem sie sich **oberhalb**, **unterhalb** oder zur **Seite** der Stromesrichtung befindet. Am einfachsten läßt sich diese Erscheinung auf folgende Weise beobachten:

Entweder ein einfaches Plattenpaar von Zink Z und Kupfer K, Fig. 25, getrennt durch einen in gesäuertem Wasser angefeuchteten Tuchlappen oder irgend eine andere galvanische Kette, wird durch einen Draht $abcd$, welcher unter einer freischwebenden Magnetnadel SN, also in der Richtung von Süden nach Norden ausgespannt ist, geschlossen. Sobald der positive Strom in der Richtung $Kab\,cdZ$ den Draht durchfließt, wird die Nadel aus ihrer Richtung abgelenkt. Der Nordpol N der Nadel wird, von K aus gesehen, bald rechts, bald links abgelenkt, je nachdem

Fig. 25.



der Strom in der Richtung der Pfeile oder in entgegengesetzter Richtung den Draht durchläuft, was man sogleich sieht, wenn man das Drahtende *d* auf die Kupferplatte *K*, das Ende *a* auf das Zink *Z* legt.

Ebenso ist die Richtung der Ablenkung eine verschiedene, je nachdem die Nadel über dem Drahte oder unter demselben schwebt.

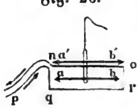
Um die Art der Ablenkung vorher bestimmen zu können, dient folgende von Ampère gegebene Regel: Man denke sich in dem vom Strome durchflossenen Drahte eine menschliche Figur so liegend, daß der positive Strom bei den Füßen ein- und am Kopfende austritt, doch so, daß die Figur der Magnetnadel immer das Gesicht zuwendet: so wird in allen Fällen der Nordpol (d. h. das nach Norden zeigende Ende) der Nadel links abgelenkt.

Die Erscheinungen, in denen eine Einwirkung der Elektricität oder des Galvanismus auf den Magnetismus stattfindet, werden unter dem Namen des Elektro-Magnetismus zusammengefaßt.

33. Der Multiplicator oder die Boussole; das Galvanometer. Man war gleich anfangs darauf bedacht, die Oersted'sche Entdeckung zu benutzen, um einestheils zu erfahren, ob in einem Drahte ein galvanischer Strom vorhanden sei oder nicht, anderntheils, um aus dem Grade der Nadelablenkung auf die Richtung und die Stärke des Stromes zu schließen. Die zu diesen Zwecken besonders eingerichteten Apparate heißen Multiplicatoren, Boussolen und Galvanometer.

Wenn in Fig. 26 *b* das Nordende, *a* das Südende einer Magnetnadel

Fig. 26.

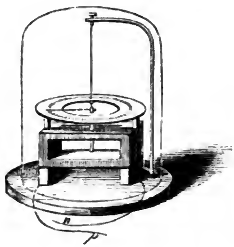


bezeichnet, welche zwischen dem zu einem Rechtecke gebogenen Drahte *norqp* aufgehängt ist, so wird, wenn der + Strom bei *p* eintritt und den Draht in der Richtung der Pfeile durchläuft, in Folge der bloßen Einwirkung des über der Nadel gespannten Drahtes *on*, das Nordende *b* links, also aus der Ebene des Papiers auf den Leser zu abgelenkt; in Folge der Einwirkung des unter der Nadel weglaufenden Drahtes *qr* wird dasselbe Ende *b* ebenfalls links abgelenkt; die Stärke der ablenkenden Kraft ist also doppelt so groß, als sie sein würde, wenn bloß ein einziger Draht über oder unter der Nadel wirkte. Wenn also ein Schließungsdraht nicht bloß einmal, sondern 100mal in derselben Richtung wie der erste Draht *q ron* um die Nadel herumgewunden wird, so ist die ablenkende Wirkung des Stromes auf die Nadel 200mal größer als bei einem einzigen Drahte, so daß eine solche Vorrichtung zwar nicht den Strom selbst, wohl aber seine Wirkung auf eine Magnetnadel vervielfacht. Aus diesem Grunde wird dieselbe Multiplicator genannt. Damit aber der Strom wirklich den Draht in seiner ganzen Länge, also 100mal um die Nadel herum, durchlaufe, dürfen die einzelnen Windungen

sich nirgend berühren; der Draht muß daher gut isolirt oder mit Seide dicht umsponnen sein.

Fig. 27 zeigt eine solche Vorrichtung, in welcher der Draht auf einen rechteckigen Rahmen aufgewunden ist und in die Enden *n* und *p* ausläuft.

Fig. 27.



Die Nadel trägt oberhalb des Rahmens einen Zeiger, wie *a' b'* in Fig. 26, welcher über einer in Grade eingetheilten Scheibe spielt und anzeigt, um wie viele Grade sie durch den Strom aus ihrer Ruhelage abgelenkt wird. Insofern das Instrument gebraucht wird, um die Stärke eines galvanischen Stromes zu messen, wird es Galvanometer genannt.

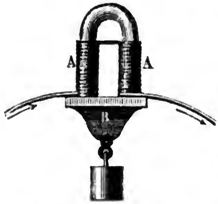
Die Größe der Abweichung einer solchen Magnetnadel in einem Galvanometer hängt von mehreren Umständen ab; die Messung der Stromstärke bleibt aber immer nur relativ, so lange über ein Einheitsmaß zwischen den Physikern keine Einigung erfolgt, und wenn eine Magnetnadel 10° Ausschlag giebt, so ist die galvanische Strömung nicht doppelt, sondern um viel mehr stärker, als wenn die Nadel bei einem anderen Strom nur 5° Ausschlag zeigt.

In den telegraphischen Bureaux wird ein großer Unterschied gemacht zwischen Galvanometer und Multiplicator. Der erstere hat oft nur einige Umwindungen und dient dazu, um die wirklich vorhandenen Strömungen in ihrer Intensität relativ nach den Graden der Nadelablenkung mit einander zu vergleichen. Der Multiplicator hingegen hat oft mehrere Hundert Umwindungen und dient überhaupt, um das Vorhandensein des zum Telegraphiren erforderlichen Stromes zu erkennen oder um das Ganzsein eines Leitungsdrahtes oder ganz geringe Elektricitätsverluste, die durch mangelhafte Isolirung einer Leitung entstanden sind, zu entdecken und zu prüfen, wie weiter unten noch näher erörtert werden wird.

34. **Magnetisirung des Eisens durch den galvanischen Strom.** Der Strom äußert seine Wirkung nicht bloß auf einen Magneten, den er aus seiner Ruhelage abzulenken vermag, sondern auch auf unmagnetisches Eisen, welches er unter geeigneten Umständen zu dem kräftigsten Magneten machen kann. Zu diesem Zwecke giebt man gewöhnlich weichem Eisen die Form eines Hufeisens, Fig. 28 (a. f. S.) und umwickelt dasselbe in schraubenförmigen Windungen mit gut übersponnenem Kupferdrahte in der Weise, wie es die Figur zeigt, nämlich so, daß die Windungen dieselbe Richtung beibehalten, wenn man sich das Hufeisen gerade gestreckt denkt. Ver-

bindet man die Enden des Umwindungsdrahtes mit den Polen einer galvanischen Batterie, so zeigt das Eisen in dem Augenblicke des Schließens der Batterie und während der Dauer des Stromes einen kräftigen Magnetismus. Das eine Ende des Hufeisens wird ein magnetischer Nordpol, das andere ein Südpol. Eine derartige Vorrichtung *A* wird ein Elektromagnet genannt. — Die Art der Polarität hängt theils von der Richtung der Drahtwindungen, theils von der Richtung des Stromes im Drahte ab.

Fig 28.



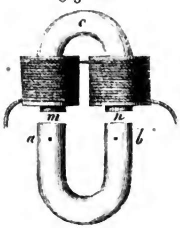
In allen Fällen aber dient zur Vorausbestimmung der Polarität folgende mit der in §. 32 gegebenen übereinstimmende Regel:

Man denke sich in dem von dem + Strome durchflossenen und senkrecht gegen den Eisenkern gewundenen Draht schwimmend, so daß der Strom an den Füßen ein- und am Kopfe austritt, doch so, daß das Gesicht dem Eisenkerne zugekehrt ist: so wird in allen Fällen zur linken Hand ein Nordpol gebildet*).

Um die Wirkung des galvanischen Stromes auf das weiche Eisen zu verstärken, windet man den Draht mehrere Male in derselben Richtung um die beiden Schenkel des Hufeisens. Auf diese Weise hat man Eisenkerne von 8 — 10 Centimeter Durchmesser und 30 — 40 Centimeter Schenkellänge zu Magneten gemacht, welche über 2000 Pfund tragen konnten.

Die Theorie und die Erfahrung lehren, daß für telegraphische Zwecke die Elektromagnete viele Umwindungen eines dünnen Drahtes erhalten müssen. Damit aber in solchen Fällen die Windungen nicht von den Schenkeln des Hufeisens abrutschen, werden sie gehörig isolirt über Spuhlen von Holz oder Pappe gelegt, welche dünne Wandungen und vorspringende Ränder haben und nach ihrer Umwickelung auf die Eisenkerne geschoben werden, wie Fig. 29 *c* dieses zeigt.

Fig. 29.



Der Magnetismus eines Elektromagneten ist nur temporär, d. h. er dauert nur so lange, als der galvanische Strom wirksam ist. In demselben Augenblicke, wo die galvanische Schließung unterbrochen wird, verliert das Eisen seinen Magnetismus und nimmt denselben erst dann wieder an, wenn der Strom aufs Neue um dasselbe zu circuliren beginnt. Dadurch ist es möglich, durch eine rasche Folge von Unterbrechungen und Wie-

*) Den hufeisenförmig gebildeten Elektromagnet denkt man sich hierbei gerade gestreckt.

derherstellungen des Stromes in kurzer Zeit mehrere Male nach einander das Eisen magnetisch und wieder unmagnetisch zu machen. Außerdem kann man jeden Augenblick die Pole des Elektromagneten ändern, so daß in einem und demselben Schenkel bald ein Nordpol, bald ein Südpol entsteht, und umgekehrt; es ist dazu nur erforderlich, den Strom bald in der einen, bald in der entgegengesetzten Richtung durch die Drahtwindungen des Elektromagneten hindurchzuleiten.

Die Apparate, welche dazu dienen, in einem Drahte die Richtung eines Stromes nach Belieben umzukehren, heißen Stromwender, Gyrotrope oder Commutatoren.

Je reiner und weicher das Eisen ist, desto vollständiger erhält und verliert der Eisenkern beim Schließen und Trennen der Batterie seinen Magnetismus. Die Erfahrung lehrt aber, daß nach einiger Zeit doch Magnetismus im Eisenkern zurückbleibt, der denselben nach und nach mehr oder weniger in einen constanten Magneten verwandelt und für elektromagnetische Apparate unbrauchbar macht. Dieses Zurückbleiben von Magnetismus ist ferner um so bedeutender, je mehr Masse der Eisenkern enthält; aus diesem Grunde wendet man nunmehr statt voller massiver Eisenstücke hohle Eisenkerne, Blechröhren, Gasröhrenstücke ꝛc. mit dem besten Erfolge an, da diese die Eigenschaft des temporären Elektromagneten besser bewahren.

35. **Das Princip der Selbstunterbrechung**. Wenn zu dem Elektromagneten ganz weiches Eisen genommen wird, so nimmt dasselbe beim Schließen der Kette den Magnetismus äußerst schnell an, sowie es denselben plötzlich wieder fahren läßt, wenn die Kette unterbrochen wird. Man hat diese Eigenschaft der Elektromagnete, den Magnetismus plötzlich anzunehmen und wieder abzugeben, in der Physik und in der Telegraphie zu äußerst schnellen Bewegungen vielfach benutzt und Apparate construirt, die, wie die Dampfmaschinen zu ihrer Bewegung nur den Zufluß des Dampfes erfordern und sich selbst steuern, in ähnlicher Art unter der bloßen Einwirkung eines galvanischen Stromes durch eigene Thätigkeit tagelang in der rapidesten Bewegung verbleiben.

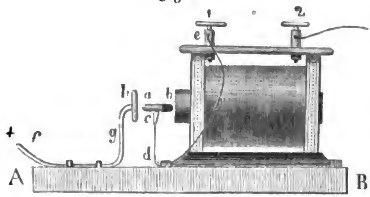
Das Princip, das allen diesen Constructionen zu Grunde liegt, heißt das Princip der Selbstunterbrechung und läßt sich am leichtesten aus Fig. 30 (a. f. S.) erkennen.

Zwischen vier Säulchen und zwei Brettern ist eine starke Drahtrolle eingeklemmt; die Enden des Umwindungsdrahtes sind in den Schrauben 1 und 2 befestigt. Die Rolle ist hohl und enthält in ihrer Höhlung ein Stück weiches Eisen *b*, welches sich darin vor- und zurückschieben läßt.

Auf der Bodenplatte *AB* ist eine Metallfeder *cd* aufgerichtet, deren unteres Ende *d* mit der Drahtklemme *e* verbunden ist, und deren oberes Ende *c*, dem Mittelpunkte des Eisencylinders *b* gegenüber, einen kleinen

Hammer *a* von Messing trägt, der vorn, nach *b* hin, mit Eisen besetzt ist.

Fig. 30.



Die Feder *dc* muß so aufgerichtet sein, daß der Hammer *a*, gewöhnlich Anker genannt, nahe vor dem Eisencylinder *b* steht.

fg ist ein starker Draht, dessen Ende *f* mit dem + Pole einer Batterie in Verbindung gesetzt wird, und dessen anderes Ende *g* aufwärts gerichtet ist und eine kleine amalgamirte Messingscheibe *h* trägt. Diese Scheibe muß eine solche Stellung haben, daß das Ende *a* des Hammers ihren Mittelpunkt eben berührt.

Die Drahtklemme 2 enthält einen zu dem — Pol der Batterie führenden Draht.

Leitet man nun bei *f* einen Strom ein, so wird er, da *a* mit *h* in Berührung steht, den Weg *fghacde* 1 nehmen, bei 1 in den Umwindungsdraht der Rolle eintreten und, nachdem er den Draht durchlaufen hat, bei 2 wieder austreten, um zum — Pole zu gelangen.

Der Eisencylinder *b* ist durch den Strom magnetisch geworden (34) und zieht den Anker *a* an. Sobald aber das Ende *a* die Messingscheibe *h* verläßt, ist der Strom unterbrochen und der Eisenkern *b* verliert seinen Magnetismus wieder. Die Feder *c* führt dann den Anker wieder nach der Scheibe *h* zurück und stellt den Strom wieder her, der aber alsbald durch die Bewegung des Ankers *a* nach dem magnetisch gewordenen Eisen *b* hin wieder unterbrochen wird.

Auf diese Weise entsteht eine äußerst schnelle hin- und hergehende Bewegung des Eisenankers, die so lange andauert, als die galvanische Batterie in Wirksamkeit bleibt.

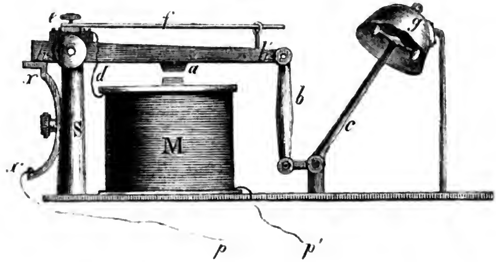
Jenes Princip läßt sich auf folgende Weise ausdrücken: Der Strom erzeugt den Magnetismus in einem Elektromagneten, dadurch entsteht Anziehung des Ankers, Trennung der Kette, Abfall des Ankers, Schluß der Kette und neuer Strom u. s. w.

36. Der continuirliche Wecker mit Selbstunterbrechung.

Um die Anwendbarkeit des vorstehenden Princips, welches durch die ingeniösen Erfindungen von Siemens, wie wir später sehen werden, sehr wesentlich modificirt und dadurch zum Betriebe eines der ausgezeichnetsten Telegraphen geeignet wurde, schon jetzt zu zeigen, wählen wir das in Fig. 31 abgebildete elektromagnetische Geläute mit Selbstunterbrechung.

M bezeichnet den Elektromagneten; der eiserne Anker *a* ist an dem Hebel *hh'* festgeschraubt. Die Axe dieses Hebels liegt in einem Lager des Holz-

Fig. 31.



ständers *S*; an dem Ende *h'* ist die Stange *b* befestigt, welche vermittelst des Hebels *c* auf die Glocke *g* einwirken kann.

Auf dem Hebel *hh'* ist ein Metallaufsatz *e* befestigt, der eine elastische Feder *f* trägt und zugleich das eine Ende *d* der Umwindungen des Elektromagneten *M* mit dem Hebel *hh'* metallisch verbindet; das andere Ende *p'* dieser Umwindungen ist mit dem einen Pole einer galvanischen Kette verbunden. Die Feder *f* hält in der Ruhe den Hebelarm *h'* schwebend, giebt nach, wenn *a* von *M* angezogen wird, und zieht den Hebel wieder in die Höhe, wenn die magnetische Einwirkung von *M* auf *a* aufhört.

An den Ständer *S*, der selbst den Strom nicht leitet, ist der Messing- oder Neusilberbügel *x* angeschraubt und so angebracht, daß in der Ruhelage, wenn *a* nicht angezogen ist, daß Ende *h* mit dem Bügel *x* in Berührung steht. Von *x* aus geht ein Draht *p* nach dem anderen Pole der Kette.

Sobald nun ein galvanischer Strom bei *p* eintritt, so nimmt derselbe, so lange *h* mit *x* in Berührung steht, seine Richtung durch *x* und *h* zu *d* und den Umwindungen des Elektromagneten *M*, und tritt bei *p'* wieder aus dem Apparate zu der galvanischen Kette zurück. *M* wird also magnetisch und zieht *a* nebst dem Hebelarm *h'* herab. Diese Bewegung pflanzt sich durch *b* und *c* auf den Klöppel der Glocke *g* fort, die anfängt zu ertönen.

Durch die Anziehung des Elektromagneten geht *h* in die Höhe und verläßt den Bügel *x*; der Strom ist dadurch unterbrochen, der Magnetismus entweicht aus *M* und die Feder *f* zieht den Arm *h'* nebst dem Stabe *b* wieder in die Höhe.

Darauf tritt *h* wieder mit *x* in Berührung und es erfolgt wieder Schluß der Kette, woher *M* wieder auf *a* anziehend wirkt und bei *h* die Kette öffnet u. s. w.

Man sieht, daß auf diese Weise, wie bei dem vorigen Apparate, das

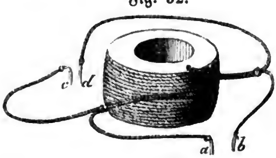
Geläute so lange anhalten muß, als die Batterie in Thätigkeit bleibt, indem der Apparat durch seine eigene Bewegung das Oeffnen und Schließen der Kette zwischen *x* und *h* und demgemäß den Abfall und das Anziehen des Ankers bewirkt. Die Benennung eines continuirlichen Weckers ist daher nicht unpassend und unterscheidet diese Läute-Vorrichtung von anderen Weckerarten, die entweder nur einzelne Glockenschläge thun, so oft man den Strom unterbricht, oder doch nur vermittelst eines Uhrwerkes auf kurze Zeit ertönen, selbst wenn die galvanische Thätigkeit ununterbrochen fortwirkt.

37. **Inductions-Ströme; Magneto-Elektricität.** — Im Jahre 1831 entdeckte der englische Physiker Faraday eine neue und reiche Quelle der Erzeugung galvanischer Ströme. Seine Entdeckung besteht in Folgendem:

In dem Augenblicke, wo ein galvanischer Strom durch einen Draht hindurchgeleitet wird, entsteht in einem benachbarten, geschlossenen Drahte ebenfalls ein Strom, welcher aber nach seinem Entstehen sofort wieder verschwindet, wenn auch der erste Strom fortdauert. Wird aber dieser erste Strom unterbrochen, so entsteht in dem benachbarten Drahte abermals ein Strom von ganz kurzer, fast unmeßbarer Dauer.

Um eine klare Anschauung hiervon zu bekommen, binde man zwei gut isolirte Drähte in ihrer ganzen Länge fest zusammen und winde sie auf eine Spirale von Holz, wie es die Fig. 32 zeigt. Die beiden Enden *a* und *b* eines der Drähte verbinde man mit den Polen einer Volta'schen Kette und leite dadurch einen galvanischen Strom durch diesen Draht. Da die beiden nebeneinander laufenden Drähte isolirt sind, so kann der Strom aus dem Draht *ab* nicht auf den Draht *cd* übergehen. Dennoch zeigt sich,

Fig. 32.



wenn die beiden Enden *c* und *d* mit einander oder mit den Enden *n*, *p* eines Galvanometers Fig. 27 verbunden werden, in dem ersten Augenblicke, wo der Strom durch den Draht *ab* hindurchgeht, auch in dem Drahte *cd* ein Strom von entgegengesetzter Richtung; wenn nämlich der Strom der Kette die Richtung von *a* nach *b* hat, so hat der Strom in dem Drahte *cd* die Richtung von *d* nach *c*.

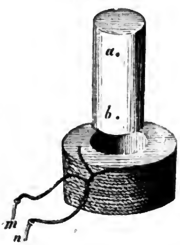
Dieser Nebenstrom, Inductionsstrom genannt, ist jedoch nur von ganz kurzer Dauer; die durch ihn abgelenkte Magnetnadel des Galvanometers kehrt daher sogleich wieder in ihre Ruhelage zurück, auch wenn der Strom in *ab* fortdauert, und verharrt so lange in Ruhe, bis dieser unterbrochen wird; dann schlägt die Nadel nach der entgegengesetzten Seite aus, als An-

zeige, daß in dem Momente, wo der Strom *a b* unterbrochen wird, in dem Nebendrahte *c d* abermals ein Strom entsteht, welcher aber nun die Richtung von *c* nach *d* hat.

Dieselbe Erscheinung zeigt sich, wenn man einen von einem Strome durchflossenen Draht einem anderen geschlossenen Drahte sehr schnell nähert oder ihn davon entfernt. Durch die bloße **Bewegung** des galvanischen Stromes entsteht jedesmal in dem ruhenden Drahte ein **inducirter** Strom von sehr kurzer Dauer.

Auf gleiche Weise wird in einem geschlossenen Drahte ein fast momentaner Strom inducirt, wenn man einen kräftigen Stahlmagneten gegen denselben rasch bewegt. Am leichtesten läßt sich diese Erscheinung hervorrufen, wenn man in die Höhlung einer Drahtrolle, Fig. 33, deren Enden *m* und *n* unter einander, oder zur Beobachtuug des entstehenden Stromes mit einem Galvanometer verbunden sind, plötzlich einen Stahlmagneten *a b* hineinstößt, oder denselben aus den Windungen herauszieht. In dem Augenblicke, wo die Bewegung des Magneten gegen die Drahtrolle erfolgt, zeigt das Galvanometer den durch den Magnetismus inducirten Strom an, welcher daher auch ein **magneto-elektrischer** Strom genannt wird.

Fig. 33.



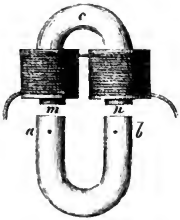
In allen diesen Fällen ist die Richtung der beiden Ströme, welche im ersteren Falle in dem Augenblicke des **Schließens** und des **Unterbrechens** des Hauptstromes, im zweiten Falle bei der **Annäherung** und der Entfernung eines vom Strome durchflossenen Drahtes, und im dritten Falle bei der **Annäherung** und der **Entfernung** eines Magneten gegen eine Drahtrolle entstehen, entgegengesetzt. Die Richtung eines magneto-elektrischen Stromes hängt außerdem noch von der Polarität des der Drahtrolle zunächst befindlichen Magnetschenkels ab.

Alle Inductionsströme sind von äußerst kurzer Dauer, aber bei zweckmäßiger Anordnung der Apparate von großer Intensität, so daß man durch dieselben Funken und alle andere, mit starken galvanischen Strömen verbundene Erscheinungen hervorbringen kann.

Anstatt, wie in dem letzteren Falle, Fig. 33, einen Magneten in eine Drahtrolle hineinzustecken oder daraus zu entfernen, kann man auch ein hufeisenförmiges Stück weichen Eisens mit einer Drahtspirale umgeben, Fig. 34 a. f. S., und nun den Magnetismus in dasselbe dadurch einführen, daß man es einem Stahlmagneten *ab* rasch nähert oder es davon entfernt. Wenn man nämlich das weiche Eisen *c* einem Stahlmagneten nähert, so wird es selbst magnetisch; der gleichsam schlummernde Magnetismus kommt plötzlich

in Bewegung, und es bringt daher die Annäherung der Eisenkerne *m* und *n* an die Pole *a* und *b* ganz dieselbe Wirkung hervor, als wenn ein Magnet gegen eine Drahtrolle hin bewegt wird.

Fig. 34.



Durch die Entfernung des weichen Eisens *c* von dem Magneten *ab* verliert es den Magnetismus wieder, und es bringt daher die Entfernung der umwickelten Eisenkerne *m*, *n* von den Polen *a*, *b* dieselben Erscheinungen hervor, die bei der Entfernung eines Magneten aus einer Drahtrolle entstehen.

Ertheilt man daher den umwickelten Eisenkernen *c* eine drehende Bewegung, so daß die Enden *m* und *n* nahe an den Polen *a* und *b* des feststehenden Stahlmagneten vorüber rotiren, so wird, vorausgesetzt, daß die Windungen auf beiden Schenkeln, wie in Fig. 28, gleich gerichtet und geschlossen sind, wenn das Ende *n* von dem Pole *b* und *m* von *a* sich wegbewegt, die Entfernung der Rolle *n* von dem Südpole *b* einen Inductionsstrom hervorrufen, welcher dieselbe Richtung hat als derjenige, der aus der Entfernung der Rolle *m* von dem Nordpole *a* entsteht.

Um hiervon eine klare Anschauung zu erhalten, vergegenwärtige man sich die Art der Drahtwindungen auf beiden Schenkeln eines Elektromagneten (Fig. 28); denn die Richtung der Windungen einer Drahtrolle, wie in Fig. 34, stimmt mit dem Verlaufe des Umdrehungsdrahtes in einem Elektromagneten ganz überein.

Die Fig. 35 (a. f. S.) stellt einen solchen Elektromagneten dar, in welchem die einzelnen Windungen etwas von einander gezogen sind. Durch die Annäherung des unmagnetischen Hufeisens *A* gegen einen feststehenden Stahlmagneten *B* entsteht in dem ersteren eine Bewegung des Magnetismus; dem Südpole *s* gegenüber bildet sich plötzlich ein Nordpol *N*, dem Nordpole *n* gegenüber ein Südpol *S*. Diese Bewegung des Magnetismus wirkt aber auf die Drahtspirale ganz so, als ob man bei *N* einen Nordpol, und bei *S* einen Südpol in dieselbe hineingesteckt habe, und die Folge hiervon ist, daß in jedem der Schenkel ein Strom inducirt wird. Beide Ströme haben innerhalb der Spiralwindung, in gleichliegenden Theilen derselben (wie in einem geradlinigen Drahte), vom Beschauer aus gesehen, entgegengesetzte Richtungen, wie es durch die beigesetzten Pfeile angedeutet ist; aber in dem Drahte *pq*, der die Windungen beider Schenkel vereinigt, sind sie gleichgerichtet und verstärken sich daher gegenseitig.

Bei jeder halben Umdrehung der Drahtrollen *c*, Fig. 34, entstehen also in der Zeit ihrer Annäherung an die Pole des Stahlmagneten *a*, *b* zwei gleichgerichtete Inductionsströme in dem Verbindungsdrahte beider Rol-

len; bei jeder folgenden halben Umdrehung aber entsteht wieder ein Paar gleichgerichteter Ströme, welche wegen der Entfernung der Rollen von den Polen eine entgegengesetzte Richtung haben, als das erstere Paar.

Fig. 35.

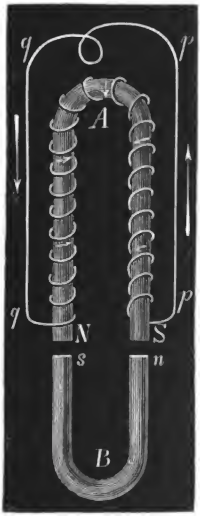
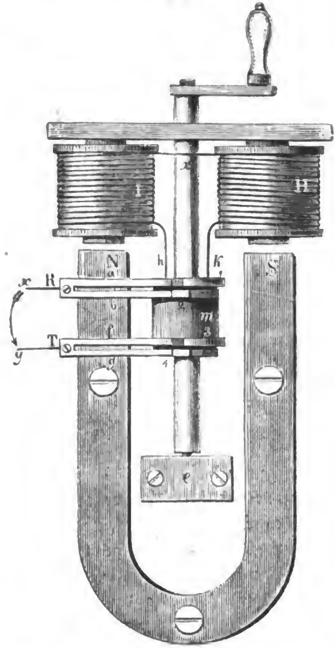


Fig. 36.



38. **Die Magnet-Elektrisirmaschine.** Wenn man an den Drahtrollen, Fig. 34, welche man einen Inductor nennt, eine Vorrichtung anbringt, durch welche dieselben in schnelle Rotation versetzt werden können, so erhält man eine magneto-elektrische Rotationsmaschine, die in rascher Folge eine Reihe von Inductionsströmen liefert, und zur Wasserzersetzung, Funkenbildung, Magnetisirung des weichen Eisens, zu physiologischen Erscheinungen, selbst zum Betriebe von Telegraphen angewandt werden kann.

Die Fig. 36 stellt eine solche Maschine dar nach der Construction des Mechanicus E. Stöhrer in Leipzig, der sich um die Vervollkommnung dieser Apparate große Verdienste erworben hat.

I und *H* sind die Inductor-Rollen, in deren Höhlung sich die durch eine Eisenplatte verbundenen Kerne von weichem Eisen befinden. Durch die Axe *x* können sie mittelst einer Kurbel in eine schnelle Umdrehung versetzt werden; dann rotiren die Eisenkerne ganz nahe an den Polen des Stahlmagneten *NS* vorüber, und jeder Kern wird dadurch abwechselnd in einen Nordpol und dann wieder in einen Südpol verwandelt.

Die Vorrichtung *mRT* dient dazu, die entstehenden Inductionsströme aus den Drahtrollen nach dem menschlichen Körper, oder zur Hervorbringung mechanischer Effecte nach beliebigen anderen Apparaten hinzuleiten, zugleich aber auch, um die nach jeder halben Umdrehung entstehenden Paare entgegengesetzt gerichteter Ströme in gleich gerichtete umzuwandeln und zu bewirken, daß die Maschine nur Ströme von einer und derselben Richtung liefert.

Diese Vorrichtung, Commutator genannt, ist aus dem Durchschnitt Fig. 37 und der perspectivischen Ansicht Fig. 38 leicht verständlich. *m* ist

Fig. 37.

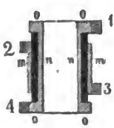
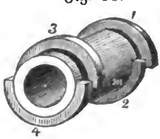


Fig. 38.



ein Messingrohr, auf dessen Enden zwei halbe Stahlringe 2 und 3 so aufgelöthet sind, daß sie sich genau gegenüber liegen und die Enden sich etwas überragen. In diesem Rohre *m*, von demselben durch ein dünnes, isolirendes Buchsbaumrohr getrennt (in Fig. 37 ist der Durchschnitt des Buchsbaumholzes schwarz gezeichnet), steckt ein zweites Messingrohr *nn*, welches aus dem Rohre *m* an beiden Seiten hervorragt, und auf diesen Stellen ebenfalls zwei gegenüber liegende halbe Stahlringe 1 und 4 trägt, welche dem ersten Paare 3 und 2 entsprechen, wie die Fig. 38 am deutlichsten zeigt. Während also die Ringe 2 und 3, ebenso 1 und 4 in leitender Verbindung stehen, ist das erste Ringpaar von dem zweiten durch das Buchsbaumholz isolirt.

Das Drahtende *k*, Fig. 36, steht mit dem Ringe 1, das Ende *h* mit dem Ringe 2 in fester Verbindung.

Dieses ganze System dreht sich zugleich mit der Axe *x*. *R* und *T* sind zwei dünne Stahlfedern, die mit dem einen Ende zweckmäßig an der Maschine befestigt sind, deren andere Enden aber gabelförmig aufgeschlitzt sind, und mit ihren Zinken *a*, *b* und *f*, *g* sanft gegen die Ringe 1, 2, 3, 4 federn.

Bei *R* und *T* können zwei Drähte *x* und *y* eingeklemmt werden, durch welche man den Strom leiten und zu anderen Körpern hinführen kann.

In der Stellung, welche die Fig. 36 zeigt, schleift die Feder *b* auf dem Ringe 2, *g* auf 4, während die Federn *a* und *f* mit den Theilen des Commutators nicht in Berührung stehen, da ihre entsprechenden Ringe 1 und 3 sich unterhalb der Axe *x* befinden. Ein bei *h* aus den Inductorrollen aus-

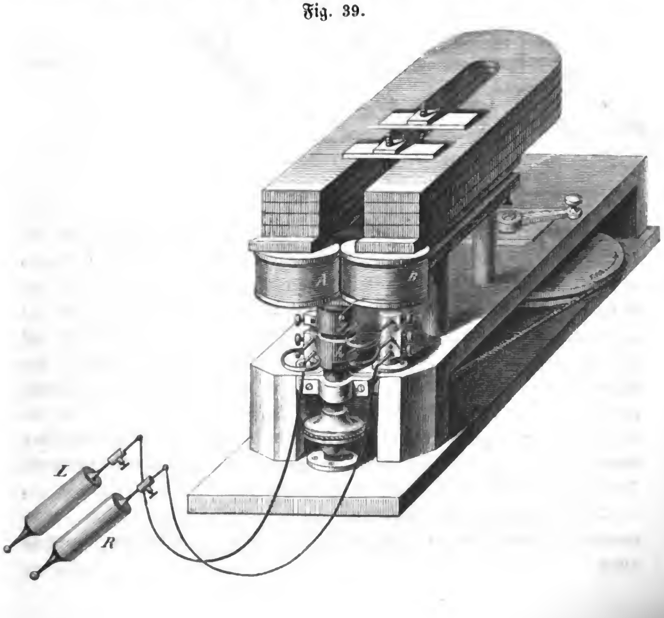
tretender + Strom nimmt dann folgenden Weg: von *h* geht er durch den Ring 2 und die Gabel *b* zu dem Drahte *x*, von *x* geht er auf *y* über, gelangt von hier durch die Gabel *g* zu den Ringen 4 und 1, und tritt bei *k* wieder in die Drahtrolle zurück, seinen Kreislauf vollendend. Der Strom nimmt dabei in dem Schließungsdrahte zwischen *x* und *y* die Richtung des beigesetzten Pfeiles.

Nach einer halben Umdrehung ändert sich die Richtung der zwei Inductionsströme; der + Strom tritt bei *k* aus den Drahtwindungen, aber es schleift nun auch *b* nicht mehr auf 2, *g* nicht mehr auf 4, diese beiden Gabeln sind frei, und es schleift nun die Gabel *a* auf 1 und *f* ruht auf 3. Der + Strom tritt also von *k* auf den Ring 1, von 1 zu *a* und *x*, von *x* tritt er zu *y* über, um von hier durch *f* zu dem Ringe 3 und 2 zu gelangen, und endlich bei *h* wieder in die Drahtrollen überzugehen.

Es wird also bei dieser Commutator-Vorrichtung der Schließungsdraht *xy* von jedem Paare der in dem Inductor erzeugten Inductionsströme in derselben Richtung durchlaufen.

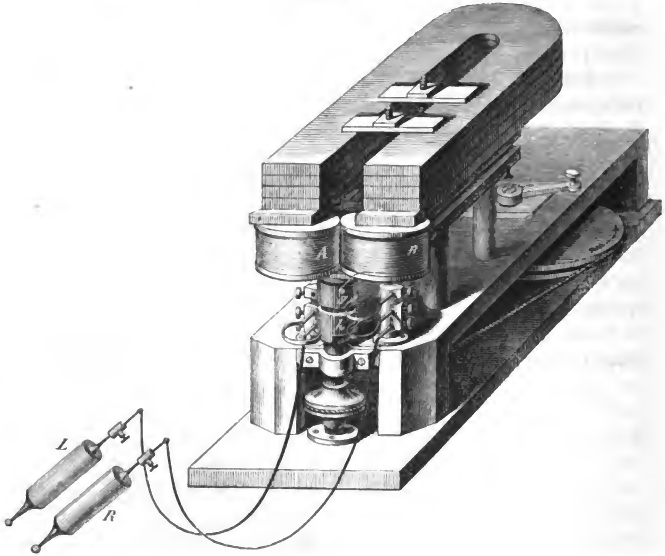
Eine andere, von Ettingshausen angegebene Construction einer Magnet-Elektrisirmaschine zeigt die Fig. 39. Fünf starke Stahlmagnete,

Fig. 39.



welche auf einem Tischchen liegen und durch hölzerne Schrauben festgeschraubt sind, bilden den magnetischen Kraftapparat, unter dessen Polen

Fig. 40.



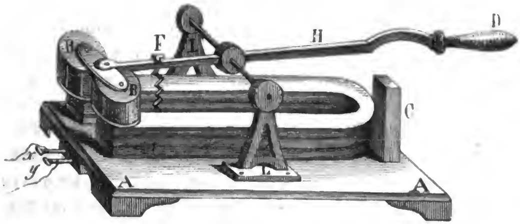
die Inductorrollen *A*, *B* vorüberrotiren. Auf der Umdrehungsaxe des Inductors, von ihr durch eine Hülse von Ebenholz getrennt, sitzt ein Stahlring *g*, der also von dem übrigen Theile *h* der Axe isolirt ist. Das eine von *B* kommende Ende des Umwindungsdrahtes ist durch eine stählerne Schraube auf dem Ringe *g*, das andere von *A* kommende Ende auf gleiche Weise auf der Axe oder auf dem Theile *h* befestigt. Die zur Seite des Inductors stestenden zwei Säulchen von Messing dienen dazu, mittelst Federn die Inductionsströme aus dem Inductor und den Stahlstücken *g* und *h*, welche als die Enden des Inductordrahtes angesehen werden können, in die Säulchen hineinzuleiten, und dieselben von hier aus zu beliebigen Zwecken in andere Drähte, welche mit den Säulchen verbunden werden, weiter zu führen.

Die Figur zeigt die Anordnung, welche getroffen wird, um die Inductionsströme mittelst der Handgriffe *R*, *L* durch den menschlichen Körper zu leiten.

Die Fig. 41 zeigt die Einrichtung einer magneto-elektrischen Maschine, wie sie in England für die Erzeugung der elektrischen Ströme häufig angewandt wird.

M ist ein starker, aus 3 Lamellen bestehender Stahlmagnet, der auf der Tischplatte *A* fest eingeschraubt ist.

Fig. 41.



B B sind die beiden Inductor-Rollen. Die beiden Drahtenden derselben stehen mit den Drahthaltern *x*, *y* unterhalb des Tisches in Verbindung.

Durch einen Hebel *H*, dessen Drehungsaxe in den Zapfenlagern *L L* liegt, und der einen Handgriff *D* trägt, können die Rollen *BB* gehoben und gesenkt werden.

Das Klötzchen *C* beschränkt die Bewegung des Hebels *H*.

Die Feder *F* hält die Rollen *BB* mit dem Magneten in Verbindung, so lange der Hebel *H* nicht niedergedrückt wird.

Der Leitungsdraht, durch welchen der zu erzeugende Strom hindurchgeleitet werden soll, sendet seine beiden Enden zu den Drahthaltern *x*, *y* und bildet also die Fortsetzung des die Rollen *BB* umwindenden feinen Drahtes.

So lange die Rollen *BB* auf den Magneten liegen, ist kein Strom vorhanden. Reißt man sie aber mittelst des Hebels *H* davon ab, so entsteht durch das Verschwinden des Magnetismus aus dem Eisenkern der Rollen ein Inductionsstrom in dem Drahtgewinde, der sich dem Leitungsdrahte *xy* mittheilt. Dasselbe geschieht, wenn die Rollen wieder auf die Magnete fallen. Die Richtungen dieser zwei auf einander folgenden Inductionsströme sind offenbar einander entgegengesetzt.

39. **Die Inductions-Ströme,** insbesondere wenn sie durch Magnetismus erzeugt werden, haben unstreitig schon dadurch den Vorzug vor den aus den galvanischen Batterien erzeugten Strömen, daß man sie zu jeder Zeit auf der Stelle durch bloßes Umlegen einer Drahtspirale in einer magneto-elektrischen Maschine erzeugen kann, während mit der Zurichtung der galvanischen Batterien Zeit verloren geht und man außerdem die Mühe

hat, die Flüssigkeiten öfter, zuweilen täglich, zu erneuern oder zu concentriren, das Zink zu reinigen, die porösen Zellen auszuspülen und überhaupt die ganze Säule in Ordnung zu halten. Die Inductionsströme haben aber noch einen zweiten, viel wesentlicheren Vorzug vor den hydro-elektrischen. Der Verbrauch an Zink und Säuren, bei der Daniell'schen Batterie auch noch an Kupfervitriol, macht die Unterhaltung einer hydro-elektrischen Batterie kostspielig; bei der Anwendung magneto-elektrischer Ströme dagegen ist zwar das Anlage-Capital etwas größer, aber die Instandhaltung und der Gebrauch der Maschine ist kostenfrei, und dieselbe ist in ihrer Wirksamkeit sehr lange gleichbleibend. Die magneto-elektrischen Maschinen, wie sie von dem tüchtigen Mechanicus E. Stöhrer in Leipzig in vorzüglicher Stärke und Güte angefertigt werden, behalten ihre Kraft Jahre lang in gleicher Stärke.

Damit aber der Inductionsstrom eine möglichst geringe Schwächung erleide, muß der Widerstand des Schließungsdrahtes möglichst gering sein im Verhältnisse zu dem Gesammtwiderstande, oder es muß der Widerstand in der magneto-elektrischen Maschine verhältnißmäßig groß sein, was man dadurch erreicht, daß man den Inductor-Rollen (Drahtspiralen) der Maschine sehr viele Windungen eines langen und feinen Kupferdrahtes giebt.

Daraus folgt dann freilich wieder, daß nur bei kurzen telegraphischen Strecken, also auf Eisenbahnlinien, die Induction mit einigem Vortheil angewandt werden kann, indem ein langer Leitungsdraht, insbesondere wenn er mehrere Elektromagnet-Umwindungen oder Multiplicator-Rollen in sich schließt und dadurch einen bedeutenden Gesammtwiderstand dem Strome entgegensetzt, unumgänglich fordert, daß auch der Widerstand in der Inductionsmaschine beträchtlich stark gemacht werde, was nur durch übermäßige, der Handhabung und Dauerhaftigkeit des Apparates nachtheilige Anhäufung der Drahtwindungen erzielt werden kann.

Eine andere Frage ist die, ob die Inductionsströme sich dazu eignen werden, Eisen andauernd zu magnetisiren und dadurch andauernde Anziehungen eines Ankers oder Hebels zu bewirken, wie dieses bei den meisten in Betrieb befindlichen Druck- und Zeiger-Telegraphen erforderlich ist. Eine magneto-elektrische Maschine ohne besondere Commutator-Vorrichtung liefert, wie aus Nr. 37 hervorgeht, einen natürlichen Stromwechsel. So oft die Drahtspiralen bei ihren Rotationen gerade über den Polen des Magnetes stehen, ändert sich, wenn ihre Windungen gleiche Richtung haben, die Richtung des in ihnen circulirenden Stromes. In dem Augenblicke des Stromwechsels ist daher in den Spiralen kein Strom vorhanden. In den zwei von der vorigen um 90 Grad verschiedenen Stellungen der Drahtspiralen sind diese ebenfalls stromlos, weil die von den zwei Magnetpolen auf jede Spirale ausgeübten entgegengesetzten Wirkungen sich aufheben. Bei jeder vollen Umdrehung geben daher die Drahtrollen vier Inductionsströme, von

denen 1 und 2 gleichgerichtet, 3 und 4 ebenfalls gleichgerichtet sind, 1 und 2 aber eine entgegengesetzte Richtung haben, als 3 und 4. Dadurch erhält also ein weiches Eisen unter dem Einflusse einer solchen magneto-elektrischen Maschine während eines jeden Umlaufes der Inductor-Rollen vier Impulse. In dieser Form ist die Maschine, wie leicht zu begreifen, zur Telegraphie wenig geeignet. Stöhrer hat jedoch durch Anwendung eines Commutators diesen Maschinen eine Einrichtung gegeben, bei welcher, ohne an Kraft zu verlieren, ein Strom gewonnen wird, der zweimal bei jeder Umdrehung der Spiralen-Axe regelmäßig wächst und in demselben Verhältnisse abnimmt, wo aber beide Impulse hinsichtlich ihrer Richtung entgegengesetzt sind. Läßt man einen solchen Strom, durch einen geeigneten Inductor erzeugt, auf einen Elektromagneten einwirken, so zeigt der letztere bei der Umdrehung der Maschine einen regelmäßigen Polwechsel und er kann daher zur Telegraphie sehr wohl verwendet werden, wie denn auch Steinheil, Wheatstone, und ganz besonders Stöhrer viele Telegraphen durch die Inductionsströme und die Magnet-Elektrisirmaschinen in Betrieb gesetzt haben und die Apparate des Letzteren in Sachsen und Baiern noch jetzt mit solchen Kraftmaschinen arbeiten.

Zweiter Abschnitt.

Die Leitung.

---

40. **Allgemeines.** Die Batterie ist, wie aus dem Vorigen hervorgeht, der galvanische Kraft-Apparat; sie trennt die im natürlichen Zustande verbundenen Elektricitäten und treibt sie nach zwei Punkten hin, wo sie sich anhäufen und nun das Bestreben äußern, sich wieder zu vereinigen. Dieses aber geschieht, sobald ihnen die Gelegenheit dazu verschafft wird, d. h. sobald diese zwei Sammelpunkte, die Pole der Batterie, durch einen Metalldraht oder durch irgend einen anderen Elektricitätsleiter verbunden werden. Mit einer ungeheuren Geschwindigkeit, nach Wheatstone's sinnreichen Untersuchungen mit 62000 geogr. Meilen in der Secunde, werden diese Elektricitäten durch die Leitung einander entgegengeführt und äußern dann in jedem Punkte ihrer Bahn ihre Wirkungen. Die Leitung muß sich ununterbrochen als ein überall zusammenhängendes Ganze von dem einen Pole bis zum anderen erstrecken. Je besser der die Leitung bildende Körper seiner Natur nach die Elektricität fortleitet, desto leichter kann die Ausgleichung der ge-

trennten Elektricitäten in ihnen erfolgen und um so größer ist dann die Wirkung der in Bewegung befindlichen Elektricität oder des Stromes.

Dieses Leitungsvermögen der einzelnen Körper ist sehr verschieden; setzt man es für das Quecksilber, welches der schlechteste Leiter unter den Metallen ist, = 100, so wird es bei den nachstehenden Körpern durch die beifolgenden Zahlen ausgedrückt:

Quecksilber . . .	100
Eisen	650
Platin	855
Kupfer	3838
Gold	3975
Silber, 15,41löthig .	5152
Palladium	5701.

Bei einem und demselben leitenden Körper nimmt nun die Stromstärke direct mit dem Querschnitte desselben zu, aber mit der Länge ab. Hat z. B. der galvanische Strom bei einem kupfernen Schließungsdrahte von 1 Fuß Länge und 4 Quadrat-Linien Querschnitt eine bestimmte Stärke, so hat er, wenn der Schließungsdraht 2 Fuß lang ist, bei 4 Quadrat-Linien Querschnitt nur die halbe Stärke; bei 2 Fuß Länge und 2 Quadrat-Linien Querschnitt hat der Strom nur den vierten Theil seiner ursprünglichen Stärke, während er dieselbe wieder erreicht, wenn der Schließungsdraht bei 2 Fuß Länge einen Querschnitt von 8 Quadrat-Linien hat. Was also durch die vergrößerte Länge der Leitung an Stromstärke verloren geht, kann durch Vergrößerung ihres Querschnittes wieder ersetzt werden.

Bei den Telegraphen-Leitungen haben die Drähte eine beträchtliche Länge, und es kann dabei ihr Querschnitt der Kosten und des Gewichtes wegen nicht sehr beträchtlich genommen werden; daher kann die erforderliche Stromstärke hier nur durch Vergrößerung des Kraft-Apparates, und zwar nur durch Vermehrung der Zellen in der Batterie beschafft werden. Hierbei hat sich nun erfahrungsgemäß herausgestellt, daß, um irgend einen telegraphischen Apparat mit Sicherheit bewegen zu können, die Anzahl der Zellen nicht proportional ist zu der Länge der Leitung, sondern daß das Verhältniß der Zellenzahl größer sein muß, als das der Drahtlängen. Wenn z. B. auf einer Drahtstrecke von 3 Meilen 1 Grove'sche Zelle ausreichend ist, um einen Telegraphen in Thätigkeit zu bringen, so reichen bei einer doppelten Drahtstrecke von 6 Meilen unter übrigens gleichen Umständen 2 Grove'sche Zellen nicht mehr aus, sondern es sind mehr als 2 Zellen erforderlich, um dieselbe Sicherheit im Signalisiren zu haben, wie vorhin.

Da, wie aus dem Folgenden leicht zu ersehen ist, die Hauptkosten bei der Anlage einer Telegraphenlinie auf die Drahtleitung fallen, so konnten alle diejenigen telegraphischen Vorschläge, welche mehr als zwei Drahtzüge

erforderten, mochten sie im Uebrigen noch so sinnreich sein, nicht allgemein zur Anwendung kommen.

Die Apparate von Reißer, Sömmering, Ampère, Vorßelmann de Heer und selbst der Wheatstone-Cook'sche in seiner ersten Gestalt mit 4 Drähten konnten daher wohl vielleicht für kleinere Strecken, bei Eisenbahnen auf geneigten Ebenen, bei Tunnels u. s. w., nicht aber allgemeine und ausgebreitete Anwendung finden; ihre Wirksamkeit mußte der Kosten halber auf kurze Strecken beschränkt bleiben.

Erst als Gauß und Weber nachgewiesen hatten, daß es möglich sei, bloß mit zwei Drahtzügen alle erforderlichen Signale zu geben, ging die Entwicklung der elektrischen Telegraphie mit raschen Schritten vorwärts. Steinheil reducirte durch Benutzung des feuchten Erdreichs als Leiter die ganze Drahtleitung auf die Hälfte. Seit Winkler's und Watson's Versuchen war es bekannt, daß bei der Ausgleichung der verdichteten Reibungs-Elektricitäten der Schließungsbogen zur Hälfte aus Wasser oder feuchtem Erdreiche bestehen könne; seit Steinheil's Entdeckung ist dieses auch für galvanische Ströme bekannt. Indem der Letztere richtig schloß, daß der Widerstand, den ein Halbleiter dem galvanischen Strome entgegensetzt, um so geringer werde, je größer seine Durchschnittsfläche ist, und daß man diese Durchschnittsfläche für die Erde beliebig groß machen könne, wenn man nur die Enden des über der Erde gehenden Leitungsdrahtes unter der Erde in hinreichend große Metallflächen, Erdplatten, auslaufen läßt: gelangte er dahin, den Widerstand der Erde beliebig klein, ja verschwindend gegen den Widerstand in dem Metalldrahte zu machen (30.).

Dieses erklärt denn auch die merkwürdige, bisher noch wenig untersuchte Erscheinung, daß der galvanische Strom, wenn nur die eine Hälfte der Leitung aus Draht, die andere Hälfte aber aus dem feuchten Erdreiche besteht, eine viel größere Intensität besitzt, als wenn die ganze Leitung von Draht ist. In dem letzteren Falle ist nämlich die Hinleitung eben so lang, als die Rückleitung, und beide Theile der Drahtleitung setzen dem Strome gleichen Widerstand entgegen. Fällt also eine der Drahtlängen oder, richtiger gesagt, einer der zwei Widerstände fort, so muß, wenn der Widerstand beinahe auf die Hälfte herabsinkt, der galvanische Strom nach dem Ohm'schen Gesetze beinahe auf das Doppelte der Intensität steigen. Nun fällt allerdings, indem man statt der einen Drahthälfte in die Leitung das feuchte Erdreich einschiebt, dessen Querschnitt im Verhältnisse zu dem des Drahtes als unendlich groß angesehen werden kann, fast die Hälfte des Widerstandes ganz fort und es muß in Folge dessen die Stärke des Stromes so bedeutend steigen.

Indem man also bei der Anlage einer Telegraphenlinie die eine Hälfte der Leitung durch die Erde vertreten läßt, gewinnt man nicht bloß eine sehr

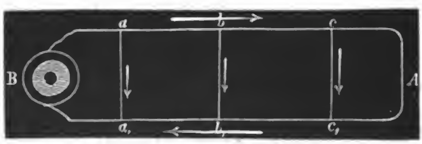
bedeutende Ersparniß an den Unkosten der Leitung, sondern man erhält auch, da eine viel kleinere Batterie nun dieselbe Kraft äußert, als eine größere bei ganz metallischer Leitung, eine bedeutende Minderausgabe für die Unterhaltung der Batterie.

Diese Versuche, noch mehr aber die bestehenden viele hundert Meilen langen Telegraphenlinien, erweisen vollständig, daß für die neueren Telegraphen eine einzige Drahtleitung vollkommen hinreichend ist, nicht bloß um alle Buchstaben und Ziffern anzuzeigen, sondern auch, um eine Glocke tönen zu lassen und durch den Apparat die Mittheilungen mit Chiffern oder auch mit gewöhnlichen Lettern zu drucken, wie die folgenden Abschnitte dieses noch näher begründen werden.

41. **Nebenschließungen.** So einfach indessen die Aufstellung einer solchen Drahtleitung zu sein scheint, bei der praktischen Ausführung stößt man gleichwohl auf Schwierigkeiten mancherlei Art.

Wenn nämlich bei der Voraussetzung zweier von der Batterie *B* ausgehender, neben einander laufender Drahtzüge *abc*, *a′b′c′*, dieselben sich irgendwo berühren oder durch Querdrähte *aa′*, *bb′*, *cc′* verbunden sind, wie Fig. 42 zeigt, so wird der aus der Batterie erzeugte Strom nicht mehr in

Fig. 42.



derselben Stärke den Draht *abcc′b′a′* durchlaufen, also in *A* nicht mehr dieselben Wirkungen äußern, welche er äußern kann, wenn jene Querverbindungen nicht vorhanden sind. Denn da der galvanische Strom immer auf demjenigen Wege den Kreislauf zu vollenden strebt, auf welchem er den wenigsten Widerstand findet, also im Allgemeinen auf dem kürzesten Wege, so wird ein großer Theil des Stromes durch den Querdraht *aa′* gehen und seinen Kreislauf auf dem Wege *Baa′B* vollenden. Von dem Reste des Stromes wird ebenso wieder ein Theil durch *bb′* gehen und seinen Kreislauf in der Richtung *Babb′a′B* machen u. s. w. Daraus ist ersichtlich, daß die Stromstärke in *A* um so geringer sein wird, je mehr Querverbindungen zwischen den beiden Leitungsdrähten stattfinden, und daß überhaupt die Stromstärke von *B* aus nach *A* hin stufenweise nach der Anzahl dieser sogenannten Nebenschließungen *aa′*, *bb′*, *cc′* abnimmt. Auch ist klar, daß in diesem Falle die Stromstärke in *A* um so geringer sein wird, je grö-

ßer die Leitungsfähigkeit der Nebenschließungen ist, und daß in gewissen Fällen, wenn der Leitungswiderstand in den Nebenschließungen sehr klein ist im Verhältnisse zu dem Widerstande der übrigen ganzen Leitung, in *A* gar kein Strom mehr bemerkbar sein wird.

42. **Isoliren der Leitung.** Hieraus folgt, daß, wie auch im Uebrigen die Drahtleitung beschaffen sein mag, bei der Anlage derselben vorzugsweise dafür gesorgt sein muß, daß die einzelnen Theile derselben allenthalben gehörig isolirt sind. Eine gute Leitung ist die erste Bedingung für die Brauchbarkeit einer telegraphischen Linie; die meisten Störungen, die gegenwärtig noch auf vielen, besonders den längeren Linien in den telegraphischen Apparaten so häufig eintreten, fallen den Mängeln der Leitung zur Last, die zumeist darin bestehen, daß die einzelnen Theile nicht vollständig isolirt sind und zu Nebenschließungen Veranlassung geben. Das Isoliren ist um so schwieriger, je mehr einzelne Drahtzüge die Leitung enthält; die Beseitigung aller Nebenschließungen aber ist selbst bei zwei Drähten oder bei einem Drahte und der Erde, als Rückleitung, nicht zu erreichen.

Seit Steinheil's Entdeckung der Erdleitung wird bei den im Betriebe befindlichen Telegraphen nur ein einziger Draht als Leitung angewendet, und

a) entweder auf Tragsäulen durch die Luft ausgespannt, oder

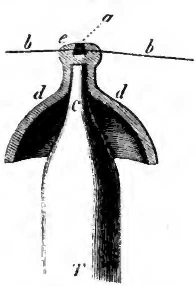
b) gehörig isolirt unter der Erde weggeleitet.

43. **Luft- oder oberirdische Leitung.** Die erste Drahtleitung durch die Luft mit zwei parallel neben einander laufenden Zügen wurde im Jahre 1833, hauptsächlich um Untersuchungen über das Gesetz der Stärke galvanischer Ströme nach Verschiedenheit der Umstände in großem Maßstabe anstellen zu können, zwischen der Göttinger Sternwarte und dem physikalischen Cabinette auf einer Strecke von 6000 Fuß durch Professor Weber ausgeführt. Vier Jahre später errichtete Steinheil seine Telegraphenlinie zwischen der Königl. Akademie zu München und der Sternwarte zu Bogenhausen, auf einer Strecke von 15250 Par. Fuß. Die beiden Leitungsdrähte wurden in Abständen zwischen 3 und 10 Fuß über die Thürme der Stadt hingespannt. Ueber Strecken, wo keine hohen Gebäude vorhanden waren, wurde die Drahtleitung durch Floßbäume unterstützt, welche, 5 Fuß tief eingegraben, zwischen 40 und 50 Fuß hoch, auf einem oben befestigten Querholze den Draht trugen. An den Auflegungspunkten war nur Filz untergelegt und der Draht zur Befestigung um das Holz geschlungen. Die Abstände je zweier Bäume betrugen zwischen 600 und 800 Fuß. Steinheil bemerkte bald, daß seine Leitung keineswegs vollständig isolirt war; denn wenn z. B. die

nach Bogenhausen gehende Leitung getrennt und in München ein Inductionsstrom erregt wurde, so war an dem Gauß'schen Galvanometer, das in einem der getrennten Theile der Kette eingeschaltet war, dennoch ein schwacher Strom bemerkbar. Der untergelegte Filz und die hölzernen Stützen bewirkten nämlich Nebenschließungen, welche den Strom um so besser leiteten, wenn sie durch Regen angefeuchtet worden waren.

Gegenwärtig werden in Entfernungen von 100 bis 120 Fuß 10—15 Fuß hohe, gegen 4 Zoll dicke Stangen von trockenem Fichten- oder Lärchenholze, welche zum Schutze gegen die Fäulniß an dem unteren Ende schwarz angebrannt, oder auch mit Kreosot imprägnirt sind, fest in die Erde eingegraben. Diese Tragstangen *T* (Fig. 43) sind oben auf einen $1^1/_2$ Zoll starken 6″—8″ langen Zapfen *c* abgespitzt und eine kuppelartige Porzellanglocke *dd* aufgekittet; oben im Porzellankopf ist ein Einschnitt *e*, in welchen der Draht *bb* gelegt und mit etwas Blei in der Mitte der napfartigen Erweiterung *a* festgegossen wird. Statt der Porzellanhüte verwendet man sehr häufig Glasglocken, welche auf Rundeisen aufgekittet sind und vermittelst der letzteren auf die Enden oder an die Seiten der Tragstangen festgeschraubt werden. Der Leitungsdraht wird hierbei ebenfalls in den auf der Höhe des Hutes befindlichen Einschnitt eingelegt, angespannt und vermittelst eines dünnen, an die gläsernen Seitenröhren des Hutes befestigten Drahtes festgebunden.

Fig. 43.



Kramer berechnet die Kosten einer oberen Leitung aus Kupferdraht von circa 1‴ Dicke, welches vollkommen ausreichend sein soll, auf 450 Thlr. pro Meile à 24000 Fuß.

Nämlich gegen 5 Ctr. Draht à 50 Thlr.	250 Thlr.
Stangen, 8—10′ über der Erde, nebst Isolirhüten und Arbeitslohn, pro Stück à $^2/_3$ Thlr., in Entfernungen von je 80′, also 300 Stück pro Meile	200 »
	450 Thlr.

Die Kosten einer oberen Leitung aus Eisendraht stellen sich pro Meile auf 250 Thlr. Nämlich:

14 Ctr. Draht, wovon 16′ ein Pfund wiegen, à $8^1/_4$ Thlr.	115 Thlr.
200 Stangen in Entfernungen von 120′, à $^2/_3$ Thlr. . .	135 »
	250 Thlr.

44. Mängel der Luftleitung. Ist der Draht stark angespannt, so kann er ohne Nachtheil seiner Unterstützung und ohne Gefahr des Zerreißens in der Kälte sich nicht gehörig zusammenziehen; ist er zu schlaff angezogen, so hängt er zwischen je zwei Stützpunkten in Form einer krummen Linie und wird nun von Stürmen hin- und hergeschaukelt; dem ganzen System der Leitung wird dadurch auf die Dauer jede Festigkeit genommen. Das Zerreißen des Drahtes durch Wind oder Kälte findet gewöhnlich an schadhaften Stellen statt und wiederholt sich so lange, bis im Verlaufe der Zeit alle fehlerhaften Stellen ausgemerzt sind. Im Winter legt sich Schnee auf den Draht und es hängen sich oft Eismassen von solcher Stärke daran, daß dadurch ein Zerreißen desselben leicht erfolgen kann, was auch dann eintritt, wenn die Entfernung von zwei auf einander folgenden Stützsäulen im Verhältnisse zu der Dicke des Drahtes zu groß ist, weil in diesem Falle der Draht durch sein eigenes Gewicht sich senkt und ausdehnt und bis zum endlichen Durchbrechen immer dünner wird. In dieser Beziehung ist der Bericht des Herrn Walker, Telegraphen-Directors an der Süd-Ost-Eisenbahn in England, über die am 19. April 1849 an gewissen Stellen dieser Bahn durch einen Schneesturm herbeigeführte Zerstörung der Tragsäulen höchst merkwürdig. Dieser Bericht lautet:

Turnbridge, 24. April.

»Bei Anbruch des Tages war der Himmel überaus trübe, und ein starker, vom Nordwinde begleiteter Regen war den Morgen hindurch vorherrschend. Letzterer hörte hier eine kurze Zeit vor Mittag auf, bald aber fand er sich wieder ein, mit Schnee und Graupeln untermischt, während der Wind stärker wurde und mehr oder weniger heftig bis Freitag früh gegen 3 Uhr anhielt. Als es ganz Tag wurde, war die ganze Gegend rings umher mehrere Zoll hoch mit Schnee bedeckt; auf der Bahn weiter abwärts, z. B. zu Ashford, Hythe und Canterbury, lag der Schnee noch höher und die Landschaft bot einen winterlichen Anblick dar. Den Tag über, und mindestens bis 8 Uhr Abends, blieb der Schnee, obwohl er sehr reichlich fiel, an den Telegraph-Drähten nicht hängen, während das Thermometer etwa auf dem Gefrierpunkt stand; als aber die Nacht herankam, trat eine merkwürdige Veränderung ein, denn der Schnee blieb an den Drähten hängen, wo er sich armesdick anhäufte, ununterbrochen von Stange zu Stange ziemlich regelmäßige Cylinder bildend, in denen die Drähte, was auffallend war, sehr genau in der Mitte zu liegen kamen. Das Thermometer stand jetzt unter Null.

»Eine des Freitags früh angestellte Untersuchung zeigte, daß jeder Yard (3 Fuß) Draht etwa 10 — 12 Pfund Schnee trug, was für jede Stange ein Gewicht von zwei- bis dreitausend Pfund und in manchen Fällen das Doppelte ausmachen würde. Die erste Wirkung bestand im Herabdrücken

der Drähte, und es gewährte einen prachtvollen Anblick, die 4 Festons von gefrorenem Schnee, 35 Yards lang, die armesdick in einer Höhe von 12 Fuß und darüber sich herabsenkten, zu betrachten. Hier und da brach ein Draht unter dem Druck, doch kam dieses nur ausnahmsweise vor, denn in den meisten Fällen gewannen die meisten Drähte da, wo die Stangen fest blieben, ihre vorige Lage ganz oder fast ganz wieder. Der Draht ist galvanisirter Eisendraht Nr. 8. Zwischen Dienstag 9 Uhr Abends und Freitag 3 Uhr Vormittags begann das Werk der Zerstörung. Eine oder zwei Stangen bei Turnbridge, einige zwischen Headkorn und Pluckley wurden in Unordnung gebracht, zwischen Pluckley und Ashford wurden viele zerbrochen und andere umgestürzt, und auf den 8 engl. Meilen zwischen Ashford und Hythe, wo es am ärgsten war, sind 36 Stangen zerbrochen und andere liegen an der Erde. Von Hythe nach Folkstone sind einige zerbrochen, andere liegen an der Erde. Materieller Schaden wurde im Uebrigen nicht angerichtet. In allen diesen Fällen stand der Wind rechtwinkelig zur Richtung der Drähte. Die Stangen sind 5—6 Quadrat-Zoll dick und wurden meist nahe am Boden, manchmal in ihrer Mitte abgebrochen. Auf weichen Stellen gab der Boden nach und erhielt so die Stangen ganz .....

»Es scheint, daß der Schnee, als die Atmosphäre, schwankend zwischen Thau und Frost, in den Zustand des Gleichgewichtes überging, an den Drähten anfing hängen zu bleiben; der frisch dazu kommende sammelte sich rund um den bereits gebildeten Kern und gewann mehr eine compacte Masse, als daß er zusammenfror. Der starke Wind mag wahrscheinlich auf die im Ganzen regelmäßige Anordnung des Schnees um die Drähte einigen Einfluß gehabt haben. So lange die Stangen senkrecht blieben, war Alles gut; als aber die Kraft des Windes auf die breite Oberfläche der nun entstandenen Schnee-Cylinder drückte, und zwar mit einer Hebelkraft von 12 Fuß und darüber, rückte er den Schwerpunkt über die Grundfläche und das Umfallen war unvermeidlich.«

Die durch die Luft ausgespannte Drahtleitung ist ferner jeder absichtlichen, aus Muthwillen oder Bosheit hervorgehenden Zerstörung sehr leicht ausgesetzt; denn sie liegt vor Aller Augen ausgespannt, ist Jedem leicht zugänglich und es bedarf nur einer geringen Anstrengung, um ein Zerreißen des Drahtes oder ein Durchsägen der Säulen zu bewerkstelligen. Der elektro-magnetische Telegraph der Taunusbahn wurde mehrere Male beschädigt, und von einzelnen Strecken der kupferne Draht gestohlen. Die Leitung zwischen Frankfurt und Berlin wurde in der Nacht vom 10. auf den 11. Mai 1849 in der Gegend von Gießen an mehreren Stellen zerstört und eben diese und andere wiederholentlich unternommene, vorsätzliche und böswillige Beschädigungen und Störungen haben zu dem Erlasse neuer

Strafbestimmungen für die Vergehen gegen Telegraphen-Anstalten Veranlassung gegeben.

Die Drahtleitung der Linie zwischen Wien und Salzburg ist im December 1849 in Folge mehrfacher Ursachen, unter denen die strenge Temperatur und die Beschaffenheit des Drahtes wohl den größten Einfluß hatten, zwischen Neumarkt und Vöcklabruk in einer Ausdehnung von 8 Stunden theilweise, auf dem höchsten Punkte der Linie aber, zwischen Straßwalchen und Neumarkt, auf einer Strecke von 2 Stunden ganz zerstört worden. —

Einen noch größeren und gefährlicheren Feind, als die Bosheit einiger Uebelwollender, haben die Stangenleitungen in der atmosphärischen Elektricität oder in den Gewittern und Stürmen, wie dieses in dem folgenden Abschnitte ausführlicher wird besprochen werden. Nur ein Ereigniß möge hier angeführt werden: Am 28. März 1847 entlud sich ein ungewöhnlich starkes Unwetter an der atlantischen Küste Amerikas. Von Neu-Braunschweig bis Philadelphia, auf einer Strecke von mehr als 50 engl. Meilen, wurden fast alle Tragsäulen zerstört oder umgeworfen. Es zeigte sich auch hier die merkwürdige Erscheinung, daß der Leitungsdraht von einer 1 Zoll dicken Eisschicht umgeben war.

45. Unterirdische Leitung. Bei so vielen Gefahren und nachtheiligen Einflüssen, denen die Leitung durch die Luft ausgesetzt ist, verdient eine Drahtleitung unter der Erde weg unter übrigens gleichen Umständen entschieden den Vorzug. Aber hier tritt die Schwierigkeit, den Draht gehörig von der ihn umgebenden Erde zu isoliren, besonders stark hervor. Gelingt aber auf irgend eine Weise diese Isolirung, so sind damit fast alle Uebelstände beseitigt, welche im Gefolge der Stangenleitung aufzutreten pflegen. Die unterirdische Leitung ist den Augen der Böswilligen entzogen und ihre Zerstörung gelingt nicht ohne einige Mühe. Das Anspannen des Drahtes fällt ganz weg und damit zugleich jede Gefahr, daß derselbe durch zu starke Spannung, durch das eigene Gewicht oder durch Stürme zerrissen werde. Sogar die meisten Nachtheile, welche die atmosphärische Elektricität der Luftleitung zufügen kann, sowie die Störungen, welche sie in dem Telegraphen-Dienste selbst herbeiführt, fallen weg, wenn der Draht unter der Erde weggeführt wird.

Dem preuß. Lieutenant W. Siemens ist es zuerst gelungen, durch Anwendung der Gutta-Percha eine gut isolirende unterirdische Leitung, freilich mit größeren Kosten, als eine Stangenleitung erfordert, herzustellen.

Die Gutta-Percha, ein dem Kautschuk verwandter Baumsaft, hat die wichtigen Eigenschaften, daß sie von kaltem Wasser, Alkali-Solutionen, Weingeist, Essigsäure, Salzsäure gar nicht angegriffen wird, daß selbst con-

centrirte Schwefelsäure und Salpetersäure sie nur sehr langsam verkohlt, daß sie zwar in der Wärme, besonders in heißen Dämpfen, sich stark erweicht und dann zu dünnen Platten und Formen aller Art bildsam ist, dagegen in einer Verbindung mit Schwefel von den gewöhnlichen Wärmegraden gar nicht mehr afficirt wird. Dazu kommt noch, daß sie im gereinigten, wasserfreien Zustande und in einer Verbindung mit Schwefel ein vorzüglicher Nichtleiter der Elektricität ist.

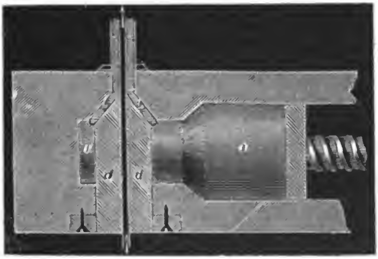
Die Reinigung der rohen Gutta-Percha und das Umpressen um den Kupferdraht geschieht in der Fabrik von Fonrobert und Bruckner zu Berlin auf folgende Weise:

Die Originalblöcke werden erst klein geraspelt, dann in heißem Wasser eingeweicht. Dabei setzen sich Sand, Kohlen und fremdartige Beimischungen zu Boden. Die Masse kommt jetzt zwischen Rauhwalzen und wird klein zerrissen. Die Späne werden nun zwischen Walzen, welche durch heiße Eisenkerne erwärmt sind, in ganz dünne Zeuge ausgewalzt. Dabei springen alle noch darin befindlichen Unreinigkeiten heraus. Die Zeuge werden jetzt auf heißeren Walzen wieder verarbeitet zur vollständigen Mengung und Verdampfung des Wassers. Man läßt die Masse so lange unter beständigem Zusammenschlagen durch die Walzen laufen, bis sie ein chocolade- oder kastanienbraunes ganz homogenes Ansehen gewinnt. Die Temperatur wird so hoch gehalten, als es ohne Ankleben des Stoffes an die Walzen thunlich ist. Die so bearbeiteten Quantitäten in Zöpfen von 6 — 8 Pfund werden warm zerschnitten, abgewogen und so vorbereitet zum Beimengen von 3 bis 5 Procent Schwefelblüthe. Der Schwefel wird während des abermaligen Durchwalzens in abgewogener Menge auf abgewogener Gutta-Percha-Masse allmälig eingestreut und völlig gleichförmig durch Auswalzen eingemengt. Diese bearbeitete Masse in Form von Zöpfen kommt nun in einen Hochdruckkessel und wird hier einer 8 Atmosphären Druck entsprechenden Temperatur ausgesetzt. Dabei geht der Schwefel eine innige Verbindung mit der Gutta-Percha ein, in Folge welcher letztere ihr Ansehen völlig verändert und nun dunkelgrau wird. Zugleich bewirkt die hohe Temperatur, daß die letzte Spur von Feuchtigkeit in Form von Wassergas entfernt wird. Ein besonderes Gebläse (Ventilator) ist angebracht, um die mit den Wasserdämpfen entweichenden schwefligen Gase aus dem Gebäude zu entfernen.

Diese vulcanisirte Masse kommt nun in den zum Umpressen der Drähte bestimmten Apparat. Es ist dies ein circa 8′ langer, 8″ weiter sehr starker Cylinder in horizontaler Lage. Eine 4″ dicke Schraubenspindel drückt den Kolben langsam in die Masse. Die Bewegung der Spindel ist mit 10 Pferdekräften durch Versetzung bewirkt. An dem vorderen Theile des Cylinders ist der sehr massiv gearbeitete Kopf mit den Mundstücken angebracht. In diesem Kopfe sind bei der einen Maschine 6, bei der anderen 9 Mund-

stücke angebracht. Eben so viele Drähte werden gleichzeitig von der Maschine umpreßt. Die Masse kommt aus dem Cylinder *a*, Fig. 44, und kann nur durch den conischen Raum *b* entweichen. Durch die Mitte dieses Raumes ist aber von unten der Draht durch ein starkes Metallstück *d*, *d* hindurchgeführt, so daß die Masse, welche bei *e* mit dem Drahte aus dem Mundstück hervortritt, den Draht ungemein fest umschließt und mit sich durchpreßt. Dabei ist zu bemerken, daß der Draht in der Secunde circa einen Zoll fortrückt und daß die Temperatur nicht zu hoch gestellt werden darf, weil sonst die Masse nicht hart und dicht genug wird. Man ermißt dieses am besten aus dem Ansehen der Umpressung, welche auf der Oberfläche nicht glatt, sondern flammig und uneben aussieht, wie sich ein sehr zäher Teig bei starker Pression gestaltet. Besondere Vorsicht ist nöthig beim Einlegen der Masse in den Cylinder, um wo möglich alle Luft wegzubringen; denn eingeschlossene Luft beschädigt das Fabrikat, indem jede Luftblase vor dem Mundstück mit Knall zerspringt. Viele Luft, die nicht ganz bis jetzt entfernt werden kann, entweicht auch nach unten, wo die Drähte eingeführt werden.

Fig. 44.



Die umpreßten Drähte gehen jetzt nach oben erst über einen nassen Schwamm zur Abkühlung und zwischen Tuchlitzen. In der oberen Etage aber, wo sie schon mehr Festigkeit gewonnen haben, über nasse Rollen und Schwämme, etwa 60′ weit, wo sie sich auf einen Haspel aufwinden. Sie werden nun auf einen zweiten Haspel übergewunden und dabei, wo es nöthig ist, ausgebessert. Dazu bedient sich der Arbeiter einiger in einem Kohlenbecken erhitzter Eisen und vorräthiger Streifen der Masse, welche ebenfalls vorher an dem Feuer erweicht und so, wo es nöthig ist, angelöthet werden.

Der umpreßte und isolirte Draht wird in einen, am Rande des Eisenbahn-Plateaus hinlaufenden, zwei Fuß tiefen Graben lose hineingelegt, mit einer Lage Sand bedeckt und, bevor noch der Graben zugeworfen wird, in Bezug auf seine Isolirung einer Probe unterworfen. Zeigt sich dabei eine Nebenschließung, so muß die fehlerhafte Stelle aufgesucht und ausgebessert werden und erst, wenn der eingeschaltete Multiplicator anzeigt, daß nirgendwo eine Verbindung der Erde mit dem Drahte stattfindet, wird der Graben zu-

geworfen. Die benachbarten Enden zweier Drahtadern werden blank geschabt, zusammengewunden, mit Zinn aneinandergelöthet und hierauf mit dünnen Platten jener Gutta-Percha-Mischung über Kohlenfeuer fest überzogen. An den Stationsplätzen, welche Telegraphen-Apparate erhalten sollen, sowie, wo diese Plätze zu weit auseinanderliegen, an besonderen Zwischenorten, geht der Leitungsdraht zu Tage. An jenen Orten nehmen die aus der Erde heraustretenden Enden die Telegraphen-Apparate auf und werden dann mit der Kupfer- oder Zinkplatte, welche in dem feuchten Erdreiche vergraben wurde, in leitende Verbindung gesetzt.

Tritt in dem eingegrabenen Drahte eine Störung ein, wird er zerrissen oder an einer Stelle von seiner Bekleidung entblößt, so ist das Auffinden dieses Fehlers ziemlich mühsam. Läßt die Ursache der Störung sich nicht von vornherein durch Rechnung auffinden, so wird der Draht auf der Mitte seiner Länge aufgegraben und durchschnitten. Indem man nun jede Hälfte desselben in Bezug auf Isolirung einer Probe unterwirft, ergiebt sich, in welcher Hälfte der Fehler liegt. Durch ein fortgesetztes Halbiren der schadhaften Hälfte rückt man dem Fehler immer näher, und hat man ihn innerhalb einer gehörig kleinen Strecke eingeschlossen, so bleibt nichts übrig, als den Draht auf dieser ganzen Strecke bloßzulegen, wobei sich dann der Fehler ergeben muß.

Die Kosten der Gutta-Percha-Draht-Fabrikation sind bedeutend und es kommt *die Meile* der ganzen Drahtanlage auf 1100 bis 1150 Thaler zu stehen, nämlich:

an Kupferdraht $4^1/_2$ Ctr. à 49 Thlr. . .	220 Thlr.
an Gutta-Percha-Ueberzug	720 »
an Eingraben ꝛc.	200 »
im Ganzen	1140 Thlr.,

während eine ebenso lange oberirdische *Eisendraht*-Leitung nur etwa 250 Thaler kostet. Dazu kommt, daß es äußerst schwierig ist, die Gutta-Percha-Hülle so zu fabriciren und zugleich den Draht im Inneren des Erdbodens gegen die Einwirkung der Feuchtigkeit und der nagenden Thiere so zu sichern, daß auf die Dauer eine ausreichende Isolirung der Leitung erwartet werden darf. Beide Gründe haben dazu beigetragen, daß die preußische Regierung das früher angenommene System der unterirdischen Leitung wieder aufgegeben und an dessen Stelle oberirdische Eisendrahtleitungen angelegt hat.

Welche Zukunft auch die Gutta-Percha-Leitung haben möge, immer wird sie da in Anwendung bleiben, wo die Stangenleitung aus irgend einem Grunde nicht ausführbar ist, z. B. bei Uebergängen über breite Flüsse, in den Tunnels, innerhalb der Städte, in den Telegraphen-Bureaux u. s. w.

46. **Unterseeische (submarine) Leitung.** Mit der Erfindung der Gutta-Percha-Leitung konnte selbst das Meer der Herstellung einer telegraphischen Verbindung zwischen zwei durch dasselbe getrennten Ländern kein wesentliches Hinderniß mehr entgegensetzen.

Nachdem man schon früher in England und Amerika mannigfache Versuche mit einer Leitung unter Wasser, jedoch nur für ganz kurze Strecken, gemacht hatte, wurden am 10. Januar 1849 neuerdings interessante Versuche durch Walker, Dirigenten des Telegraphen der Süd-West-Eisenbahn-Gesellschaft, in der Absicht angestellt, die Ausführbarkeit einer telegraphischen Verbindung mit dem Continente mittelst einer unterseeischen Leitung zu ermitteln. Man hatte beabsichtigt, den Draht 2 Meilen weit in die See hinaus zu nehmen, das stürmische Wetter verhinderte jedoch die Ausführung. Man beschränkte sich daher darauf, eine Verbindung zwischen dem Instrumente auf dem Lande und auf einem Dampfschiffe im Hafen zu Folkstone herzustellen, indem man beide Enden des Drahtes mit diesen Punkten verband und den über 2 Meilen langen Draht in die See versenkte. Der Draht war von Kupfer, der Ueberzug, aus der Gutta-Percha-Manufactur zu Streatham, war $^1/_4$ Zoll dick und die Länge desselben 3600 Fuß. Die Rückleitung war wie gewöhnlich durch die Erde mittelst Kupferplatten, welche in Wasser versenkt waren, bewirkt. Vier Stunden lang wurde mit der größten Leichtigkeit zwischen dem Dampfer »Princeß Clementine« und den Stationen London, Ashford und Turnbridge telegraphirt.

Durch derartige Versuche ermuthigt, beschloß der geschickte Mechaniker J. Brett, Dover mit Calais unterseeisch zu verbinden. Nachdem er von der französischen Regierung ein Patent auf 10 Jahre für die Herstellung submariner Leitungen zwischen Frankreich und England erhalten hatte, bildete er eine Actiengesellschaft und begann die Fabrikation des Leitungsdrahtes. Am 28. August 1850 konnte man damit beginnen, den Draht in das Meer zu versenken. Auf dem Dampfschiffe »Goliah« befand sich, auf eine gewaltige Trommel gerollt, der sechs deutsche Meilen lange Telegraphendraht, $^1/_{10}$ Zoll dick und mit einer Hülle von Gutta-Percha umgeben, im Gewichte von 14000 Pfund. Die Fahrt ging glücklich von Statten; von 300 zu 300 Fuß wurden Bleigewichte von 14 — 24 Pfund am Drahte befestigt, um denselben auf dem Meeresgrunde festzuhalten. Das Cap Grinez, an der französischen Küste, wurde glücklich erreicht, und der Telegraph konnte noch an demselben Abend die Nachricht von dem glücklichen Erfolge der Drahtlegung von der französischen Küste nach England bringen. Leider dauerte die Freude nicht lange — wenige Tage nach der Befestigung des Drahtes zerriß derselbe. Weit entfernt, durch diesen Unfall entmuthigt zu werden, ließ die Gesellschaft ungesäumt ein neues und viel stärkeres Tau verfertigen. Der Kern desselben besteht aus vier Kupferdrähten von der Stärke eines gewöhnlichen Glocken-

seiles, welche, jeder für sich in eine doppelte Umhüllung von Gutta-Percha eingeschlossen, alle vier aber mittelst Hanf und einer Mischung von Theer und Talg zu einem Strange von 1 Zoll im Durchmesser zusammengewunden sind. Um diesen Kern schlingen sich zuletzt zehn Drähte aus galvanisirtem Eisen, jeder ungefähr von $1/_8$ Zoll Dicke in Gestalt eines gewöhnlichen Metalltaues von $4^1/_2$ Zoll Dicke. Die Legung dieses Telegraphenseiles war eine dreitägige Arbeit. Am 25. September 1851, 4 Uhr Morgens, setzte sich der »Blazer« mit dem Drahte nach Dover in Bewegung. Um 7 Uhr wurde dort das eine Ende befestigt, um 1 Uhr verlor man das Schiff aus Sicht, und am 28. September, Abends 5 Uhr, war die Arbeit vollbracht. Das Drahtseil läuft von Dover nach der französischen Küste hinüber und tritt ungefähr drei englische Meilen unterhalb Calais mit der Telegraphen-Station der Nordbahn in Verbindung. Die Befestigungspunkte sind South-Foreland an der englischen Küste und das französische Dorf Sangate, von wo aus die gewöhnlichen Leitungen nach Dover und Calais weiter gezogen sind.

Gegenwärtig ist Frankreich noch auf einer zweiten Stelle, ebenso Holland mit England durch submarine Drähte verbunden. Die submarine Verbindung Englands mit Irland ist ebenfalls glücklich bewerkstelligt worden. Das Tau, zwischen Holyhead und Howth, besteht nicht aus vier Drähten, wie zwischen Dover und Calais, sondern aus einem einzigen Kupferdrahte, der vollkommen mit Gutta-Percha isolirt und durch eine äußere Hülle galvanisirter Eisendrähte geschützt ist. Um das Tau vor Verletzung durch die Fluth, den Brandungen und den scharfen Felsen zu schützen, hat es ein doppeltes Futteral aus Eisendraht von jeder Küste aus bis auf eine beträchtliche Strecke in das Meer hinein erhalten.

Dritter Abschnitt.

Die ersten Versuche einer elektrischen Telegraphie und die älteren Einrichtungen der Telegraphen-Apparate.

A. Die Reibungs-Elektricität in ihrer Anwendung auf die Telegraphie.

47. Den anfänglichen Versuchen zu einer elektrischen Telegraphie gingen die im Jahre 1746 durch Winkler in Leipzig, 1747 durch Watson

in London, sowie durch Le Monnier in Paris angestellten Untersuchungen über die Geschwindigkeit der in Bewegung befindlichen Reibungselektricität unmittelbar vorher.

Der Erste, der hiervon eine Anwendung auf die Telegraphie gemacht hat, scheint Lesage aus Genf gewesen zu sein. Derselbe construirte 1774 einen Telegraphen aus 24 isolirten Metalldrähten, an deren Enden Paare von Hollunderkügelchen angehängt waren, welche an dem einen Ende auseinandergingen, sobald das andere Ende mit dem Conductor einer in Thätigkeit befindlichen Elektrisir-Maschine verbunden wurde. Durch die Divergenz des einen oder des anderen Paares dieser Kügelchen konnte nach Belieben jeder der 24 Buchstaben signalisirt werden.

Lomond hatte ein entfernt stehendes, an einem gemeinsamen Messingknopfe leicht beweglich aufgehängtes Kugelpaar von Hollunder durch einen langen Messingdraht mit dem Conductor einer Elektrisirmaschine verbunden und konnte mittelst dieses einen Drahtes durch geeignete Gruppirung mehrerer Divergenzen behufs der Bezeichnung der Buchstaben sich ebenso gut in die Ferne verständlich machen, als Lesage dieses mit 24 Drähten erreichte.

Reißer, Böckmann und Salva gedachten den elektrischen Funken als Signal zu wählen, wobei bald ein, bald mehrere Funken, nach gewissen Zeit-Intervallen combinatorisch gruppirt, die einzelnen Buchstaben bedeuten sollten. Ein 1798 von Salva in Madrid in ziemlich großem Modelle ausgeführter Apparat war für die damaligen Verhältnisse schon einigermaßen befriedigend.

Außer den Genannten haben noch Cavallo 1797 und Ronalds 1816 auf die augenblickliche Fortleitung der elektrischen Entladung einer Leydener Flasche oder einer Batterie durch große Drahtlängen hindurch Vorschläge zu einer elektrischen Telegraphie gegründet, deren praktische Ausführungen jedoch an den vielen Hindernissen gescheitert sind, welche die Unbeständigkeit der Reibungs-Elektricität, ihre Abhängigkeit von dem Feuchtigkeitsgehalte der Luft, die Schwierigkeit einer vollständigen Isolirung und die Unsicherheit in der Beobachtung des in dem Augenblicke seines Erscheinens schon wieder verschwindenden Funkens mit sich führen.

B. Der Galvanismus in seiner Anwendung auf die Telegraphie.

48. Sömmering's Telegraph. Mit der Entdeckung des Galvanismus, der Volta'schen Säule und ihrer Wirkungen ging auch die Telegraphie einen Schritt weiter. Im Jahre 1808 construirte Sömmering in München einen Apparat, in welchem er die durch die Volta'sche Säule

bewirkte Wasserzersetzung zum Telegraphiren benutzte. Auf derjenigen Station, wohin eine Nachricht gelangen sollte, waren in einem schmalen Wasserbehälter 35 mit Wasser angefüllte und mit Buchstaben oder Ziffern bezeichnete Gläschen umgestülpt; auf der anderen Station befanden sich eben so viele und eben so bezeichnete Messingcylinderchen, von denen jedes das eine Ende eines Drahtes trug, der zu der entfernten Station hinlief und dort mit seinem vergoldeten Ende in das entsprechende Gläschen mündete. Wurden nun zwei dieser Cylinder mit den Polen einer Volta'schen Säule verbunden, so zersetzte der entstandene und durch die mit dem Cylinder verbundenen Drähte circulirende galvanische Strom in denjenigen Gläschen, in denen diese Drähte endigten, das Wasser, dessen luftförmige Bestandtheile in Form von Bläschen in die Höhe stiegen und so zwei Zeichen zugleich angaben, deren Reihenfolge dadurch bestimmt war, daß immer der Buchstabe des Wasserstoffgläschens voranging. Die 35 Leitungsdrähte waren so gut als möglich isolirt und in einiger Entfernung von den Apparaten zu einem Strange zusammengewunden.

Wegen der großen Kosten der vielen Drähte und der Unmöglichkeit, dieselben auf längere Zeit und in einer größeren Strecke gehörig isolirt zu halten, konnte an eine Anwendung dieses Telegraphen im Großen nicht gedacht werden.

49. **Physiologischer Telegraph.** Viel später, im Jahre 1839, hat Vorßelmann de Heer eine von dem vorigen ganz abweichende, aber in ihrem Wesen auf rein galvanischen Principien beruhende und daher schon hier zu beschreibende telegraphische Methode vorgeschlagen und in kleinerem Maßstabe zur Ausführung gebracht.

Dieser Telegraph beruht auf den physiologischen Wirkungen der galvanischen Ströme und nimmt daher das Gefühl zum Empfangen der Zeichen in Anspruch. Zehn Leitungsdrähte verbinden die durchaus gleichen Apparate der beiden Stationen; dieselben bestehen aus zehn von einander getrennten und mit den Leitungsdrähten verbundenen metallischen Tastenpaaren. Der Beobachter, welcher eine Nachricht empfangen soll, hält seine Finger auf den zehn Tasten und kann nun von der anderen Station aus, woselbst zur Erzeugung des Stromes ein Inductions-Apparat aufgestellt ist und durch Niederdrücken je zweier Tasten die Kette geschlossen wird, gleichzeitige Erschütterung erhalten

a) in einem Finger der rechten Hand und einem Finger der linken Hand,
b) in zwei Fingern der rechten Hand, oder
c) in zwei Fingern der linken Hand.

Die Erschütterungen a) geben offenbar in 25 verschiedenen Combina-

tionen eben so viele Zeichen, nämlich die 25 Buchstaben; der Erschütterungen b) giebt es zehn, sie bezeichnen die Ziffern, während in den Signalen c) noch zehn Zeichen für den reglementären Theil des Dienstes, zur Bezeichnung des Wortendes u. dergl. hinzukommen.

Der Mechanismus dieses Telegraphen ist höchst sinnreich, einfach und ohne namhafte Kosten herzustellen; aber es haben wieder die bedeutenden Kosten der zusammengesetzten Drahtleitung, sowie die Schwierigkeit ihrer Isolirung der Ausführung desselben im Großen unübersteigliche Hindernisse entgegengesetzt.

Die Erfahrung hat übrigens in der neuesten Zeit gelehrt, daß häufige, sich oft hinter einander wiederholende elektrische Erschütterungen die Beobachter unempfindlich machen. Die Arbeiter in der Gutta-Percha-Draht-Fabrik zu Berlin, welche sich mit der Prüfung der angefertigten Drähte beschäftigen, haben oft nach vollbrachtem Tage in der Hand bis zum Arm hinauf das Gefühl verloren und sind dann eine Zeit lang unfähig, schwächere Schläge wahrzunehmen.

C. Der Elektro-Magnetismus in seiner ersten Anwendung auf die Telegraphie.

50. **Die ersten Versuche einer Nadeltelegraphie.** Mit der glänzenden, in §. 32 beschriebenen Entdeckung des Elektromagnetismus, d. h. der Einwirkung galvanischer Ströme auf Magnete, wurde den Versuchen auf dem Gebiete der elektrischen Telegraphie ein größeres Feld geöffnet. Von dieser Zeit an schritt man der Auflösung der Aufgabe, mit möglichst geringen Kosten und möglichst großer Sicherheit die Signale zu jeder Zeit möglichst schnell fortzupflanzen, mit großen Schritten entgegen. Noch in demselben Jahre, welches Oersted's glänzende Entdeckung bezeichnet, sprach sich Ampère über seine Idee zu einem elektromagnetischen Telegraphen folgendermaßen aus: »Mittelst eben so vieler Magnetnadeln und Leitungsdrähte, als es Buchstaben giebt, und mit Hülfe einer entfernt stehenden Volta'schen Säule, deren Pole man nach einander mit den Enden der Leitungsdrähte verbindet, kann man, indem jede Nadel ein besonderes Zeichen trägt, einen Telegraphen herstellen, durch welchen man einer entfernt stehenden Person, die mit der Beobachtung der Nadeln und ihrer Zeichen beauftragt ist, alle möglichen Mittheilungen machen kann. Wenn man bei der Säule ein Tastenwerk anbrächte, deren Tasten mit denselben Buchstaben versehen sind, und welche die Säule durch ihr Niedergehen schließen, so könnte dieses Correspondenz-Mittel mit großer Leichtigkeit gehandhabt werden und würde nicht mehr Zeit erfordern, als nöthig wäre, um auf

der einen Station die Tasten niederzudrücken, und auf der anderen jeden abgelenkten Buchstaben abzulesen.«

Ritchie führte den Ampère'schen Vorschlag mit einer zweckmäßigen Abänderung im Modelle aus. Dreißig Nadeln umgab er mit Multiplicatoren; jede Nadel trug einen leichten Schirm, welcher in dem Ruhezustande der Nadel einen Buchstaben bedeckte und denselben sehen ließ, sobald die Nadel unter dem Einflusse eines Stromes abgelenkt wurde.

Aehnliche Vorschläge gingen von Fechner aus, und später haben Davy und Alexander in England derartige Nadelapparate im Kleinen zur Ausführung gebracht, in denen sämmtliche Multiplicatoren einen einzigen, gemeinsamen Rückleitungsdraht hatten und also die ganze Drahtleitung beinahe auf die Hälfte reducirt war.

Erst im Jahre 1832 gelang es dem russischen Staatsrathe Schilling von Cannstatt, die telegraphischen Vorrichtungen so zu vereinfachen, daß sie einer praktischen Ausführung fähig gewesen wären. Er wandte nämlich nur einen einzigen Multiplicator mit einer Nadel, überhaupt also nur zwei Leitungsdrähte an und konnte nun durch geeignete Combination von mehreren, bald links, bald rechts erfolgenden Nadelablenkungen alle erforderlichen Zeichen hervorbringen. Aber auch er hat es nicht vermocht, die mit der Ausführung seiner Ideen im Großen verbundenen Schwierigkeiten zu überwinden.

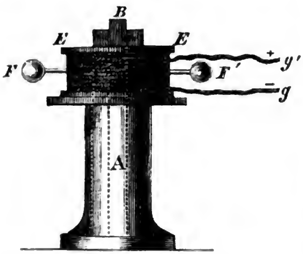
51. **Der Nadel-Telegraph von Gauß und Weber.** Eine neue Epoche trat für die elektro-magnetische Telegraphie ein, als im Jahre 1833 Gauß und Weber einen vereinfachten Apparat mit nur zwei Leitungsdrähten zum ersten Male im Großen in Ausführung brachten und anstatt der bisher üblichen hydro-galvanischen Ströme die Inductionsströme anwandten. In diesem Jahre spannte Weber, Professor zu Göttingen, zwei von einander isolirte und eine geschlossene Kette bildende Kupferdrähte über die Häuser und Thürme der Stadt zwischen der Sternwarte und dem physikalischen Cabinet aus, hauptsächlich zu dem Zwecke, um damit in Verbindung mit Gauß Untersuchungen über das Gesetz der Stärke galvanischer Ströme nach Verschiedenheit der Umstände in großem Maßstabe anstellen zu können. Zugleich wurde diese Drahtkette oft zur Regulirung der Uhren und zu telegraphischen Zwecken benutzt, und es gestaltete sich gleich anfangs die Möglichkeit, Buchstaben, Worte und ganze Sätze auf größere Strecken zu telegraphiren, zur Thatsache.

Der telegraphische Apparat selbst bestand aus folgenden Theilen:

1. dem Apparate zur Erzeugung des galvanischen Stromes,
2. dem Apparate zur Wahrnehmung der gegebenen Signale,
3. dem Apparate zur raschen Umkehrung des Stromes oder dem Commutator.

1. In der Säule A, Fig. 45, sind zwei oder drei starke Magnetstäbe, jeder von 25 Pfund, zu einem starken Magnete verbunden; ihre gleichnamigen Pole sind bei B sichtbar. Ueber diese Stäbe ist die Rolle E gestürzt, um deren äußere Fläche ein mit Seide übersponnener Kupferdraht gewunden ist.

Fig. 45.



Bei der ersten Einrichtung gab Gauß der Rolle 1050 Umwindungen, bei einer späteren Vorrichtung vermehrte er diese Anzahl auf 3537, bei einer Drahtlänge von etwa 3600 Fuß, und gebrauchte noch später eine Rolle von 7000 Umwindungen, in welcher die Drahtlänge mehr als 7000 Fuß betrug.

Die beiden Enden g, g' dieser Rolle E, welche wegen ihrer inducirenden Wirkung Inductor heißt, stehen in Verbinduug mit einem Commutator, und dadurch mittelbar mit den beiden Hauptleitungsdrähten des Telegraphen.

Indem man den Inductor an beiden Griffen F, F' von den Magnetstäben, über denen er ruht, schnell abzieht und ihn sogleich wieder, ohne umzukehren, in die vorige Ruhelage zurückbringt, bewirkt man, daß schnell nach einander zwei Inductionsströme von entgegengesetzter Richtung durch den Leitungsdraht gehen; die Dauer dieser Ströme ist sehr kurz (37). Ihre Intensität hängt ab von der Stärke der vereinigten Magnete in A, von der Anzahl der Umwindungen in dem Inductor E und von der Nähe, in welcher sich diese Windungen bei den Magneten befinden.

2. Fig. 46 (a. f. S.) stellt den Beobachtungs-Apparat dar. — Während der Inductor an derjenigen Station aufgestellt ist, von welcher aus die Signale telegraphirt werden sollen, befindet sich der Beobachtungs-Apparat an derjenigen Station, welche die Nachricht erhalten soll.

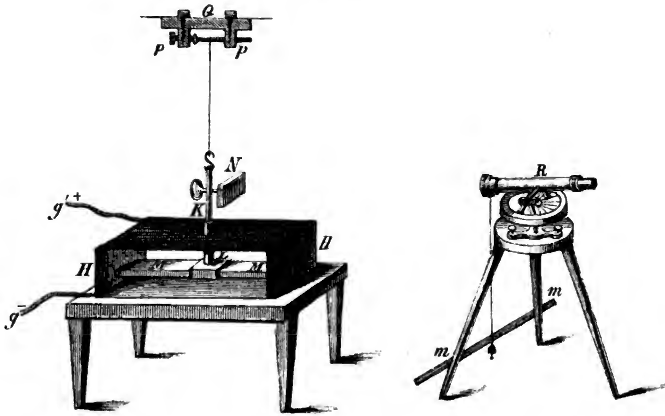
Er besteht aus einem starken Multiplicator HH, d. h. aus einem Kupferrahmen, um welchen ein isolirter Draht gewunden ist. Die beiden Enden g, g' desselben sind mit den zwei von der anderen Station kommenden Hauptleitungsdrähten verbunden, so daß der Multiplicatordraht mit dem auf dem Inductor E, Fig. 45, befindlichen Drahtgewinde eine einzige geschlossene Drahtkette bildet.

Anfangs enthielt der Multiplicator 270 Umwindungen eines 2700 Fuß langen Drahtes; in späteren Versuchen enthielt derselbe 610 Umwindungen eines mehr als 6000 Fuß langen Drahtes.

In den Windungen dieses Multiplicators hängt als Magnetnadel ein

meistens 4 Pfund schwerer Magnetstab *M M**), welcher in einem Schiffchen *L* an einem Faden leicht beweglich aufgehängt ist. Dieser Faden be-

Fig 46.



steht aus 200 parallelen Coconfäden, und ist oben an der Decke des Zimmers in einer Holzschraube *PQP* befestigt, mittelst welcher er gehoben und gesenkt werden kann.

An dem durch das Kupfergehäuse *HH* hindurchgehenden Messingstabe *K* befindet sich ein verticaler Spiegel *N*, der sich mit dem Magnete dreht und derart gegen die am Fußgestelle eines Fernrohres *R* befestigte Ziffern-Scala *mm* gerichtet ist, daß man durch das Fernrohr das Bild der Scalentheile im Spiegel sehen kann.

3. Was den Apparat zur schnellen Umkehrung der Stromes-Richtung angeht, so ist der von Gauß eingerichtete etwas zusammengesetzt; jeder andere einfache Commutator kann zu demselben Zwecke angewandt werden.

Der Gebrauch dieses Telegraphen geschieht auf folgende Weise: Auf der einen Station, von welcher eine Nachricht abgehen soll, wird der Inductor *E*, Fig. 45, schnell abgezogen und wieder, ohne umgekehrt zu werden, auf die Magnetpole *B* gestürzt, wodurch zwei entgegengesetzt gerichtete Inductionsströme durch den Leitungsdraht hindurchgeführt werden.

In Folge des ersten Stromes erhält der Magnet in dem Beobachtungs-Apparate, Fig. 46, der anderen Station durch die Einwirkung der Multi-

---

*) Später wurden 25pfündige Magnetstäbe angewandt.

plicator-Windungen eine Ablenkung nach einer bestimmten Richtung, z. B. nach der Rechten. Durch den zweiten entgegengesetzten Strom wird dieselbe aber sogleich wieder aufgehoben, so daß der Magnet keine weitere Excursionen machen kann, vielmehr nur in Folge der beiden entgegengesetzten Ströme eine kleine lebhafte Zuckung nach einer Seite hin macht und dann sogleich wieder ganz still steht. Diese kleine Bewegung des Magneten wird durch das Fernrohr *R*, Fig 46 in dem Spiegel *N* beobachtet. Im Zustande der Ruhe ist nämlich das Bild des Nullpunktes der Scala *m m* im Spiegel sichtbar; durch die Zuckung des Magneten bewegt sich der Spiegel und spiegelt dem Fernrohr einen anderen Theilpunkt der Scala zu. Auf diese Weise ist auch die kleinste Bewegung des Magneten im Fernrohre sichtbar.

Je nachdem der Commutator, welcher sich unmittelbar an dem Inductor befindet, gestellt wird, geht der erste Inductionsstrom in der einen oder in der entgegengesetzten Richtung durch den Leitungsdraht, und man kann daher durch ein rasches Abziehen und Aufstürzen der Rolle *E*, Fig. 45, nach Belieben auf der anderen Station eine Magnetzuckung nach der Rechten oder nach der Linken hervorbringen.

Durch eine sinnreiche Combination mehrerer Magnetbewegungen zu einem einzigen Signale konnten Gauß und Weber alle erforderlichen Zeichen (Buchstaben und Ziffern) mit diesen zwei Ausschlägen hervorbringen. Denn, wenn zur Darstellung eines Zeichens höchstens vier Magnetzuckungen, bald nach der Rechten bald nach der Linken, dienen sollen, so lassen sich durch Gruppirung derselben sämmtliche Buchstaben und Ziffern geben, und zwar, wenn man durch *r* einen Ausschlag des Nordpols nach der rechten Seite, und durch *l* einen Ausschlag desselben Pols nach der linken bezeichnet, nach folgendem Schema:

r = *a*	*rrr* = *c,k*	*lrl* = *m*	*lrrr* = *w*	*llrr* = 4
l = *e*	*rrl* = *d*	*rll* = *n*	*rrll* = *z*	*lllr* = 5
rr = *i*	*rlr* = *f,v*	*rrrr* = *p*	*rlrl* = 0	*llrl* = 6
rl = *o*	*lrr* = *g*	*rrrl* = *r*	*rllr* = 1	*lrll* = 7
lr = *u*	*lll* = *h*	*rrlr* = *s*	*lrrl* = 2	*rlll* = 8
ll = *b*	*llr* = *l*	*rlrr* = *t*	*lrlr* = 3	*llll* = 9

Setzt man fest, daß zur Darstellung eines Zeichens höchstens 5 Magnetausschläge dienen sollen, so lassen sich durch die beiden Zuckungen bald rechts bald links schon 62 verschiedene Zeichen geben.

Eine kleine Pause, also ein Augenblick der Ruhe des Magneten, dient als Anzeige, daß ein Zeichen fertig sei, eine etwas längere Pause zeigt das Ende eines Wortes an.

Gegen die Nachtheile und Unbequemlichkeiten unzeitiger Schwingungs-

bewegungen des Magneten innerhalb des Multiplicators schützte das kupferne Gehäuse *HH*, Fig. 46; der bewegte Magnet erregt nämlich durch Induction einen galvanischen Strom von der Art, daß er auf den Magneten den Einfluß äußert, seiner jedesmaligen Schwingung entgegen zu wirken. Die Wirkung eines solchen Dämpfers ist überraschend. Ein Magnetstab ohne Dämpfer macht, aus der Gleichgewichtslage gebracht, Hunderte von Schwingungen, bevor er zur Ruhe kommt; ein Stab mit Dämpfer hat seine Gleichgewichtslage nach 3 — 4 Schwingungen wieder erreicht.

52. **Steinheil's Nadel-Telegraph, der erste elektromagnetische Druck-Telegraph.** — Da mit den Göttinger Apparaten zunächst andere als telegraphische Zwecke verfolgt wurden, unternahm es Professor Steinheil in München, von Gauß und Weber dazu aufgefordert, die Apparate zu vereinfachen und zu einer leichteren und sicheren Zeichensprache einzurichten.

Durch seinen erfinderischen Geist und seine große Geschicklichkeit in technischen Ausführungen ist es ihm gelungen, dem Gauß'schen Telegraphen die höchste Vollendung zu geben, und er ist durch seine in großem Maßstabe angestellten Versuche, sowie durch eine Reihe wichtiger Beobachtungen und praktischer Vorschläge der Gründer des gegenwärtigen Systems der elektromagnetischen Telegraphie geworden.

Steinheil erhielt von dem Könige von Baiern den Auftrag, zwischen der k. Akademie zu München und Bogenhausen einen dem Göttinger ähnlichen Telegraphen herzustellen; im Jahre 1837 kam derselbe zu Stande. Die Veränderungen, welche dieser ausgezeichnete Physiker an den Gauß'schen Apparaten vorgenommen hat, betreffen hauptsächlich:

1. die Erregungsweise des Inductionsstromes,
2. die Uebertragung der Zeichen auf den Gehörsinn durch Anschlagen der Magnete an Glocken,
3. die Fixirung der Zeichen in Form einer Schrift,
4. die Combination der Zeichen zu Buchstaben und Ziffern,
5. die Drahtleitung.

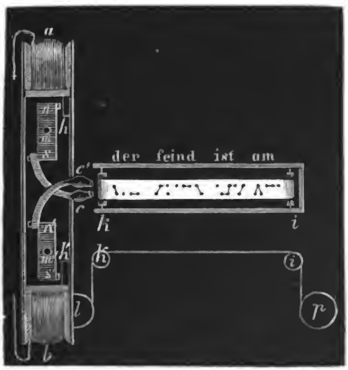
Indem Steinheil das Princip des Gauß'schen Telegraphen beibehielt, wandte er als Erreger des Inductionsstromes eine sogenannte magneto-elektrische Maschine (38.) nach der Clarke'schen Einrichtung an. Wenn die Pole derselben mit den Enden der zwei Leitungsdrähte verbunden sind, so ist man im Stande, auf bequeme Weise, durch bloßes Umlegen eines Ankers mittelst einer Kurbel, zu jeder Zeit Inductionsströme in beliebiger Richtung durch die Leitung zu führen, und dadurch den Magneten auf der anderen Station willkürlich nach der einen oder nach der anderen Seite abzulenken.

Der Zeichengeber besteht aus zwei Magneten, die um verticale Axen

sehr leicht beweglich und so hinter einander gestellt sind, daß die einander zugekehrten Enden entgegengesetzte Polaritäten haben. Damit die beiden Magnetstäbchen möglichst stark abgelenkt werden, sind sie mit einem starken, aus 600 Umwindungen eines dünnen, gut isolirten Drahtes bestehenden Multiplicator umgeben.

Die Fig. 47 zeigt diesen Zeichengeber in horizontalem Durchschnitt: *a*, *b* die Durchschnitte des Multiplicators; *ns*, *n's'* die um die Axen *m*, *m'* drehbaren Magnete, an deren benachbarten Enden *s*, *n'* leichte messingene Fortsätze angeschraubt sind, welche die kleinen Gefäße *c*, *c'* tragen. Diese Gefäßchen sind mit einem schwarzen Pigment (Druckerschwärze, Oelfarbe) angefüllt, und enden in capillare Spitzen, welche jene gefärbte Substanz beständig in sich aufsaugen.

Fig. 47.



In der Schwingungsebene der Magnete sind ferner einander gegenüber zwei Plättchen *h*, *h'* angebracht, welche nur eine einzige Bewegung eines jeden der Magnete zulassen, indem sie das Austreten derselben aus dem Multiplicator nach einer anderen Seite hin verhindern.

Wird nun mittelst des Stromerregers von der einen Station aus ein inducirter Strom durch die Leitungsdrähte geleitet, so durchläuft er auf der anderen Station den Multiplicator, und strebt die gleichnamigen Pole der Magnete nach derselben Richtung, z. B. die Nordpole *n*, *n'* nach der Rechten (Osten) abzulenken. Durch die hemmende Platte *h* wird aber das Ausschlagen des Pols *n*, mithin die ganze Bewegung des Magneten *ns* verhindert, und es kann nur *n's'* mit seinem Pole *n'* und dem Schreibgefäße *c'* nach der Rechten aus dem Multiplicatorrahmen hervortreten. Wird dagegen durch den Stromerreger ein inducirter Strom von entgegengesetzter Richtung durch die Leitung geführt, so strebt dieser die Magnete auch in entgegengesetztem Sinne, also die Nordpole *n*, *n'* nach der Linken (Westen) abzulenken. In diesem Falle wird aber die Bewegung des Magneten *n's'* durch die Platte *h'* verhindert, wogegen *ns* mit seinem Südpole *s* und dessen Schreibgefäße *c* nach derselben Seite aus dem Multiplicatorrahmen hervortritt, wie es früher mit *c'* geschah.

Um nun diese zweifachen Ablenkungen der Magnete, durch deren Gruppirung die Buchstaben vorgestellt werden, als Schrift zu fixiren, läßt Steinheil einen längeren Streifen Papier sich gleichförmig vor den Schreibgefäßen fortbewegen. Durch ein Uhrwerk wird eine Walze *l* in einer gleichförmigen Umdrehung erhalten; dadurch wickelt sich auf dieselbe der über den horizontalen Rollen *k*, *i* laufende und von der Walze *p* kommende lange Papierstreifen *pikl*.

Sobald also ein Inductionsstrom den Multiplicator durchläuft, wird einer der Magnete abgelenkt und mit seinem Schreibgefäße gegen das Papier gedrückt. Der auf solche Weise gesetzte Punkt wird sogleich nach seinem Entstehen durch die Bewegung des Papiers vom Schreibgefäße fortgerückt, um einem folgenden Punkte Platz zu machen. Eine wiederholte Ablenkung eines der Magnete muß also einen der Lage nach von dem vorhergehenden Punkte ganz verschiedenen Punkt zeichnen. Die Schrift wird demnach bei *k* aufgedruckt und befindet sich auf dem zwischen *k* und *l* befindlichen Streifen, bis sie auf *l* aufgerollt wird. In der Figur sind auf dem zwischen *k* und *i* horizontal ausgedehnten Streifen die Zeichen aufgetragen, wie sie in der Wirklichkeit auf dem verticalen Streifen *kl* sich befinden. —

Die Inductionsströme haben bekanntlich nur eine sehr kurze Dauer; die bewegende Kraft, welche die Magnete ablenkt, ist also auch fast momentan, und es müssen daher kleine Magnete in passenden Lagen und Entfernungen zur Seite des Multiplicators angebracht werden, um die abgelenkten Magnete auf der Stelle wieder in ihre Ruhelage zurückzutreiben.

Wenn dieser Telegraph noch die Einrichtung haben soll, die Zeichen dem Gehör vernehmbar zu machen, so ist bloß nöthig, anstatt der Schreibgefäße *c*, *c'* kleine Hämmer an die Magnete zu schrauben, und diesen gegenüber, anstatt des Papierstreifens, zwei Metall- oder Glasglocken von verschiedenem, hohem und tiefem, Tone aufzustellen. Wollte man den Telegraphen gleichzeitig schreiben und tönen lassen, so müßte man in einem zweiten oder in demselben Multiplicator noch einen Magneten anbringen, der bei seinen zweifachen Ablenkungen gegen Glocken von verschiedenem Tone anschlüge. —

Was nun die Gruppirung jener zwei, durch ihre Lage verschiedenen Punkte angeht, so nimmt Steinheil deren höchstens vier zur Bildung eines Buchstabens oder einer Ziffer an. Auf diese Weise sind 30 Zeichen möglich. Unter diesen Punktgruppen kommen einige vor, die, wenn man die hohen und tiefen Punkte nach der Reihe ihres Entstehens durch gerade Linien verbindet, in ihrer Figur viele Aehnlichkeit mit den Buchstaben des lateinischen Alphabets haben. Diese wählt Steinheil zur Bezeichnung der ihnen ähnlichen Buchstaben, und nimmt natürlich für die am häufigsten vorkommenden

Buchstaben solche Gruppen, welche sich am einfachsten darstellen lassen. Auf diese Weise hat er folgendes Alphabet gebildet:

A	B	D	E	F	G	H	CH	SCH
·	··	·		··	··	····		· ·
· ·	· ·	·	·	·	·		····	· ·

I	K, C	L	M	N	O	P	R	S
·	·	·	···	··		· ·		··
	··	··			···	··	··	··

T	U, V	W	Z
·	· ·	· ·	··
·	·	· ·	··

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	···	· ··	·· ·	···	·	·	·	·	··
···	·	·	·	·	···	· ··	·· ·	···	·

Bei der Bildung einer Schrift durch diese Zeichen werden die Buchstaben durch eine kleine Pause in der Aufeinanderfolge der Ströme getrennt; eine etwa zweimal längere Pause trennt die einzelnen Wörter von einander.

Wenn auf der Telegraphenlinie mehrere Zwischenstationen gewünscht werden, so hat man nur an diesen einzelnen Stellen einen Multiplicator mit den beschriebenen Zeichengebern in den Leitungsdraht einzuschalten; es werden dann an allen Stationen die Nachrichten zugleich anlangen und geschrieben.

Aus diesen Vorrichtungen besteht der zwischen der k. Akademie zu München und der Sternwarte zu Bogenhausen von Steinheil ausgeführte Telegraph, dessen Leitungsdraht (hin und zurück) über die Thürme der Stadt gespannt ist, und eine Länge von 30500 pariser Fuß hat; das Gewicht desselben beträgt 210 Pfund. Ein anderer 6000 Fuß langer Eisendraht verbindet die Wohnung Steinheil's in der Lerchenstraße mit der Akademie und der Sternwarte, und ein dritter Theil des Leitungsdrahtes (ein 1000 Fuß langer, dünner Kupferdraht) führt im Innern der Akademie zu dem physikalischen Cabinette. In diesen drei Leitungen sind die Stromerreger und die Zeichengeber eingeschaltet, und sie können durch eine eigene Drehscheibe beliebig zu einer geschlossenen Linie mit einander verbunden werden.

Von der glänzenden Entdeckung Steinheil's, die Erde als einen Theil der Leitung zu benutzen, ist schon im §. 30 ausführlicher die Rede gewesen. Sie wurde sofort bei den eben beschriebenen Apparaten angewandt, und so konnte Steinheil zwischen der k. Akademie und der Sternwarte eben so gut als mit hin- und zurückführendem Drahte telegraphiren, nachdem derjenige Draht, in welchem die Kraft- und Zeichen-Apparate eingeschaltet sind, an seinen beiden Stationsenden mit Kupferblechen von einigen Quadratfuß Fläche versehen wurde, die in das Erdreich eingegraben

waren. Hier bestand die eine Hälfte der Schließungskette aus Eisendraht von 3000′ Länge, die andere Hälfte aber aus einer 3000′ dicken Erdschicht.

53. Der Nadel-Telegraph von Wheatstone und Cooke. Dem rastlosen Streben und dem ungemein praktischen Scharfblicke des englischen Physikers, des Professor Wheatstone, verdankt die elektrische Telegraphie einen großen Theil ihrer Fortschritte. Wheatstone und Cooke haben unstreitig das Verdienst, elektrische Telegraphenlinien zum praktischen Betriebe auf größeren Strecken zuerst angelegt zu haben; jedoch muß hinzugefügt werden, daß die Mechanismen ihrer Apparate zu derselben Zeit, wo die Telegraphie in Deutschland durch Gauß, Weber und Steinheil zu einem so hohen Grade der Einfachheit und der Vollendung gelangt war, noch mangelhaft waren, und daß sie damals überhaupt sich auf einem in Deutschland längst verlassenen, unpraktischen Wege befanden.

Die ersten Telegraphen von Cooke, der bei der Construction derselben zunächst nur Eisenbahnzwecke verfolgte, bestanden aus einer einzigen, innerhalb eines Multiplicators aufgehängten Magnetnadel, deren zwei einfache Ablenkungen die auf einen Dampfwagenzug bezüglichen Worte »her« und »hin« bezeichneten. Später nahm er zwei Nadeln mit acht Signalen und führte ein solches System auf der Edinburgh-Glasgow-Eisenbahn aus. Im Juni 1837 nahm er in Verbindung mit Wheatstone für England ein Patent auf einen zusammengesetzten Apparat mit fünf Nadeln und fünf Leitungsdrähten, der zwar bei Weitem vollkommener und bequemer war, als die früheren, aber im Vergleich zu den um dieselbe Zeit in Deutschland bestehenden Einrichtungen von Steinheil als unpraktisch und hinsichtlich der Leitung als höchst kostspielig bezeichnet werden muß. Er kam zwar auf eine Länge von 39 engl. Meilen auf der Great-Western-Eisenbahn zur Ausführung, aber die Kosten waren so bedeutend, daß eine weitere Fortsetzung der Linie unterbleiben mußte.

Bei diesem Systeme stand auf jeder Station ein Rahmen mit fünf Multiplicatoren und Nadeln, nebst einer Claviatur von eben so vielen Tasten und der Batterie. Die Multiplicatoren standen einerseits mit diesen Tasten, andererseits mit den fünf Leitungsdrähten in Verbindung und konnten durch Niederdrücken der Tasten mit der Batterie verbunden werden. In jedem Falle wurde der Strom gleichzeitig durch je zwei Multiplicatoren geleitet und dadurch wurden stets zwei Nadeln zugleich abgelenkt, jedoch nie in paralleler Richtung. Die 20 Convergenzpunkte dieser Ablenkungsrichtungen waren mit Buchstaben bezeichnet; eine jede Ablenkung gab daher direct den gewünschten Buchstaben an. Durch Vermehrung der Anzahl der Leitungsdrähte um einen sechsten wurden später noch fünf Signale hinzugenommen.

54. Der Alarm oder das elektro-magnetische Geläute von Wheatstone. Schon Sömmering und Schilling hatten die Nothwendigkeit, die Telegraphisten auf den Anfang des Correspondirens aufmerksam zu machen, erkannt; aber ihre Apparate waren noch sehr unvollkommen und erfüllten diesen Zweck nur zum kleinsten Theile. Erst Wheatstone löste die Aufgabe, von einer entfernten Station aus irgend ein Läutewerk in Bewegung zu setzen, vollständig; seine Alarm-Vorrichtungen sind noch gegenwärtig im Gebrauch, und beruhen auf dem von Morse zuerst angewandten Princip des temporären Magnetismus (34.), das seitdem die Grundlage für die weitere Ausbildung der elektrischen Telegraphie geworden ist.

Anfänglich ließ Wheatstone den zu einem Hebel verlängerten Anker eines Elektro-Magneten unmittelbar auf eine Glocke wirken; aber die anziehende Kraft des Magneten war nicht stark genug, um einen etwas schweren Hammer mit Sicherheit zu bewegen und um deutliche Glockenschläge hervorzubringen. Er gab daher diese Vorrichtungen bald auf, und verwendete die elektro-magnetische Kraft, anstatt sie direct auf den Glockenhammer zu übertragen, nur dazu, um einen leichten Anker anzuziehen.

Durch den galvanischen Strom wird nämlich ein hufeisenförmiges Stück weichen Eisens, Fig. 28, vorübergehend magnetisirt; der temporäre Magnet zieht ein anderes Stückchen weiches Eisen (Anker), welches das Ablaufen eines gewöhnlichen Weckers oder eines Uhrschlagewerkes hemmt, augenblicklich aus den Rädern desselben heraus und setzt das Werk in Bewegung.

So einfach dieses Princip ist, so unbedeutend es auf den ersten Blick zu sein scheint: es ist gleichwohl für die ganze Telegraphie der neueren Zeit von der größten Bedeutung. Die Verbindung der elektro-magnetischen Kraft mit der irgend einen Mechanismus treibenden Gewicht- oder Federkraft macht es nämlich möglich, von irgend einem Punkte aus in der größten Entfernung alle mechanischen Kräfte in Bewegung zu setzen, und Wirkungen der größten und mannigfaltigsten Art hervorzubringen.

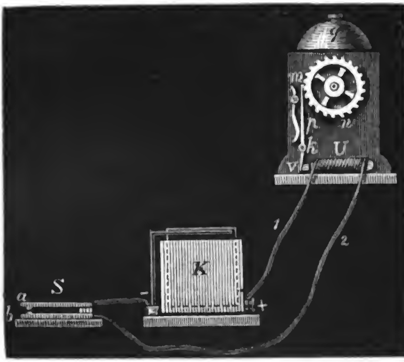
Die Fig. 48 (a. f. S.) zeigt die Alarm-Vorrichtung Wheatstone's:

Auf der einen Station befindet sich ein Uhrwerk *n* mit einer Glocke *q*, die durch einen Hammer angeschlagen wird, auf welchen ein Räderwerk wirkt. Das Räderwerk wird entweder durch Federkraft oder ein Gewicht an aufgewundener Schnur umgedreht, und kann durch einen auf einer horizontalen Axe *k* angebrachten Sperrer *p*, welcher in irgend einen Zahn des Rades *n* eingreift, augenblicklich in seiner Bewegung gehemmt werden. Es handelt sich hierbei nur darum, den Sperrer *p* mittelst galvanischer Ströme ein- und auszuheben, wo dann, so oft er den Zahn des Rades verläßt, die Glocke läuten wird.

U ist ein hufeisenförmiger Elektro-Magnet, dessen Anker *V* den Schen-

keln gerade gegenüber liegt, und an dem unteren Ende *k* des Sperrers befestigt ist. So lange kein Strom durch die Drahtwindungen des Elektro-

Fig. 48.



Magneten geht, ist weder *U* noch *V* magnetisch, und diese Eisenstücke ziehen sich nicht an. Dann wird aber der Sperrer *p* durch seine eigene Feder *m* zwischen den Zähnen des Rades *n* erhalten, und der Alarm steht still.

Auf der anderen Station steht eine kleine Batterie *K*, welche hier bloß aus einem flachen, mit gesäuertem Wasser gefüllten Kupfergefäße besteht, in welchem eine Zinkplatte aufgehängt ist.

S ist ein Drücker, bestehend aus zwei Metallfedern *a*, *b*, von denen die untere *b* auf einem Holzklötzchen befestigt und von der anderen *a* durch eine elfenbeinerne Leiste isolirt ist. *a* läßt sich gegen *b* andrücken; läßt der Druck auf *a* nach, so springt sie durch ihre eigene Elasticität zurück.

Vom + Pol der Batterie geht ein Draht 1 nach dem Elektro-Magneten *U* des Alarms, windet sich um dessen Schenkel herum, und geht dann als Draht 2 nach der ersten Station zurück, und ist hier mit *b* verbunden, während die obere Feder *a* durch einen Draht mit dem — Pole in Verbindung steht. Die Drähte 1 und 2 sind also die Leitungsdrähte, von denen der eine auch durch die Erde ersetzt werden kann.

So lange der Drücker *S* offen ist, kann kein Strom durch die Drähte circuliren, und der Sperrer *p* hält das Räderwerk der Glocke *q* im Stillstand. Drückt man aber die Feder *a* gegen die Feder *b*, so wird in demselben Augenblicke die Batterie geschlossen und der galvanische Strom kann in folgender Richtung seinen Kreislauf machen: vom + Pole durch 1 zu *U*, durch 2 zurück zu *b* und durch *a* zum — Pole. Das Eisen *U* wird dadurch magnetisch, zieht seinen Anker *V* an, und hebt dadurch das obere

Ende des Sperrers *p* aus den Zähnen des Rades *n*, worauf das Uhrwerk abläuft und der Lärm-Apparat seine Glocke anschlägt.

Beim Niederdrücken der Taste *a* wird daher der Alarm so lange forttönen, bis sein Gewicht oder seine Feder abgelaufen ist; läßt man aber die Taste *a* früher nach, so daß sie aufspringen und sich von *b* trennen kann, so wird der Strom der Batterie *K* unterbrochen, der temporäre Magnetismus des Hufeisens *U* entweicht, und dieses zieht das Eisenstück *V* nicht länger mehr an, dagegen drückt die Feder *m* des Sperrers *p* dieses Eisen *V* von *U* zurück, und bringt das obere Ende des Sperrers in eine Zahnlücke des Rades *n*, so daß die Bewegung desselben aufhört und der Lärm-Apparat stillsteht.

Jeder Druck auf den Drücker *a* macht auf der entfernten Station die Glocke ertönen; es versteht sich von selbst, daß nach Ablauf des Gewichtes oder der Feder der Apparat von Neuem aufgezogen werden muß.

55. **Der Uebertrager Wheatstone's und seine Anwendung auf das Läutewerk.** — Die soeben beschriebenen Alarm-Vorrichtungen fanden sofort vielseitige Anwendung; nicht bloß bei den Telegraphen, um die Aufmerksamkeit des Telegraphisten zu erregen, auch in mehreren öffentlichen Gebäuden Londons, im Hause der Gemeinen, in größeren Etablissements wurden solche elektro-magnetische Glocken aufgestellt. Aber es zeigte sich bald, daß bei sehr langen telegraphischen Drahtleitungen der Elektro-Magnet in seiner ursprünglichen Construction keinen Magnetismus annehmen wollte, oder er erhielt bei der Anwendung von sehr kräftigen Batterien doch nur eine so geringe Kraft, daß er nicht mehr im Stande war, die Feder *m* (Fig. 48) zu überwinden, und den Sperrer *p* aus den Zähnen des Rades *n* auszulösen.

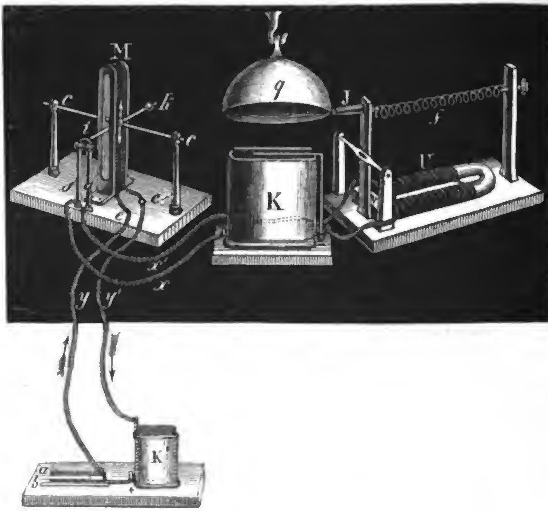
Der Scharfblick Wheatstone's wußte aber auch hier die geeigneten Mittel aufzufinden. Er ließ den durch die langen Drahtleitungen sehr geschwächten Strom nicht mehr direct auf den Elektromagneten *U* des Weckers einwirken, sondern er verband die Drähte des letzteren durch kurze Drähte mit einer kleinen, neben dem Wecker aufgestellten, nicht geschlossenen Batterie. Den von der entfernten Station kommenden, geschwächten Hauptstrom verwandte er bloß dazu, um auf der anderen Station eine in einem Multiplicator befindliche leichte Magnetnadel abzulenken, und eben hierdurch die neben dem Wecker aufgestellte Batterie zu schließen.

In dem Augenblicke, wo auf der einen Station die Hauptbatterie geschlossen wird, tritt auf der entfernten Station die Ablenkung der Nadel ein; es wird hierdurch mittelst eines einfachen Mechanismus die kleine Wecker-Batterie geschlossen und durch diese das Glockenwerk in Bewegung gesetzt.

In Fig. 49 (a. f. S.) ist diese sinnreiche Einrichtung Wheatstone's abgebildet.

K ist die kleine Batterie, welche auf der einen Station durch die kurzen Drähte *x* und *x'* mit dem Glockengeläute verbunden ist. *U* ist wieder der

Fig. 49.



Elektro-Magnet des Weckers, *V* sein Anker, *J* ein Hammer, der hier direct auf die Glocke *q* wirkt; statt dessen wurde später der Sperrer *p*, Fig. 48, mit dem Gewicht- und Räderwerke *n* angewandt.

Links von der Batterie *K* steht der Uebertrager. Er besteht aus einem Multiplicator *M*, in dessen Höhlung eine Magnetnadel in verticaler Stellung so angebracht ist, wie es der Pfeil auf der Drahtrolle anzeigt. Diese Nadel ist auf der horizontalen Axe *cc* befestigt, und ist mit dieser Axe in den Zapfenlagern sehr leicht drehbar. Senkrecht gegen diese Axe ist ein zweiarmiger Hebel *ik* befestigt; das eine Ende *i* trägt eine zweiarmige Gabel, das andere Ende *k* ein Gegengewicht, um den Hebel in der horizontalen Lage zu erhalten. Unter den Zinken dieser Gabel *i* stehen zwei Messingsäulchen *s*, *s'*, deren Näpfchen einige Tropfen Quecksilber enthalten und die in metallische Verbindung mit einander treten, sobald die Gabel *i* bis zur Berührung des Quecksilbers niedergedrückt wird.

Der + Pol der kleinen Batterie *K*, welche man Local- oder örtliche Batterie nennt, im Gegensatze zu der auf der entfernteren Station

stehenden stärkeren Leitungsbatterie, ist durch den Draht *x* mit der einen Säule *s* verbunden; von der anderen Säule *s'* geht ein zweiter Draht *x'* hinter der Batterie *K* herum zu dem Elektro-Magneten *U*, nach dessen Umwindung er sich an den — Pol der Batterie ansetzt.

Auf der entfernten Station befindet sich die Leitungsbatterie *K'* mit einem Drücker, wie in Fig. 48; der + Pol steht in Verbindung mit der Metallplatte *b*, während die Enden *e*, *e'* des Multiplicators durch die Leitungsdrähte *y*, *y'* resp. mit der Feder *a* und dem — Pole der Hauptbatterie *K'* in Verbindung stehen.

Will der Telegraphist das Läutewerk der entfernten Station in Bewegung setzen, so drückt er die Feder *a* auf die Metallplatte *b* nieder und schließt dadurch die Leitungsbatterie *K'*. Der Strom derselben läuft durch *y* zu den Drahtwindungen des Uebertragers, in welche er bei *e* ein- und bei *e'* wieder austritt, und gelangt durch *y'* wieder zur Batterie *K'*. Dadurch wird bei geeigneter Richtung der Drahtwindungen die Magnetnadel so abgelenkt, daß die Gabel *i* bis in die Quecksilber-Näpfchen der Säulchen *s* und *s'* niedertaucht. In demselben Augenblicke wird dadurch die Localbatterie *K* geschlossen, und der Strom geht vom + Pol durch *x* zu *s*, durch die Gabel *i* hindurch zu *s'*, durch *x'* zu den Umwindungen des Elektro-Magneten *U*, und tritt bei dem — Pol wieder in die Batterie.

Das magnetisirte Hufeisen *U* zieht dann seinen Anker *V* an, und führt dadurch entweder einen Hammerschlag gegen die Glocke, oder es löst, wie in Fig. 48, einen Sperrer *p* aus dem Getriebe *n* eines Weckers aus.

So lange der Drücker bei *K'* geschlossen bleibt, verharrt die Magnetnadel bei *M* in ihrer abgelenkten Stellung, und die Gabel *i* verbindet anhaltend die Säulen *s* und *s'*, die Localbatterie *K* bleibt dadurch anhaltend geschlossen; sobald aber der Druck auf die Feder *a* nachläßt, springt sie zurück und öffnet die Leitungsbatterie *K'*, wodurch die Nadel bei *M* sofort ihre Ruhestellung wieder annimmt, und der Strom der Localbatterie *K* zwischen *s* und *s'*, die nun nicht mehr durch *i* verbunden sind, unterbrochen wird. Der Magnetismus in *U* entweicht und die Feder *f* zieht den Hammer oder den Sperrer *J* wieder zurück. Ein Aufhälter, über der horizontalen Richtung der Gabel *ik* angebracht, verhindert die Schwingungen der Nadel um ihre Ruhelage.

56. **Das Uebertragungsprincip.** Wenn der galvanische Strom einen langen Leitungsdraht durchlaufen muß, so verliert er nach §. 28 an Intensität, und zwar ist seine Kraft um so geringer, je länger die zu durchlaufende Leitung ist.

Dieser Uebelstand der Stromschwächung tritt ganz besonders bei den elektrischen Telegraphen hervor, weil hier meistentheils bedeutendere Draht-

strecken zu durchlaufen sind und außerdem durch den Mangel einer vollständigen Isolirung der Drahtleitung vom Erdboden ein beträchtlicher Theil des Stromes auf Nebenwegen (41.) den Kreislauf vollendet und das Ende der Drahtleitung gar nicht erreicht.

Die gewöhnlichen Mittel, den durch die lange Leitung und die vielen Nebenschließungen geschwächten Strom durch Vermehrung der Batterie-Elemente oder durch Anwendung von dicken Drähten zu verstärken, sind bei der Telegraphie der bedeutenden Kosten wegen nicht anzuwenden; mit den schwachen Strömen aber lassen sich die meisten der neueren Telegraphen, insbesondere die Zeiger- und die Druck-Telegraphen, auf längere Entfernungen nicht mehr mit der erforderlichen Sicherheit handhaben.

Hier tritt nun, wie bereits in §. 55 ausgeführt worden ist, das von Wheatstone zuerst angegebene Operiren mit dem Uebertrager oder dem Relais ein, wodurch es möglich wird, mit einer mäßigen Stromkraft unter geeigneten Umständen auf hundert und mehr Meilen ohne Zwischenstationen mit Sicherheit zu telegraphiren.

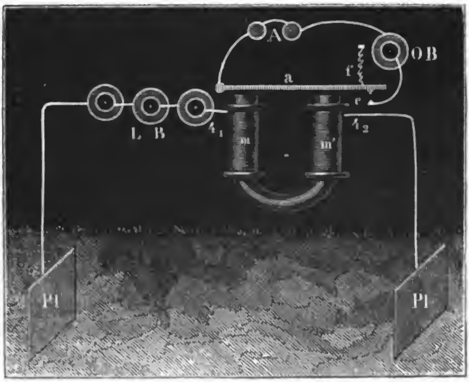
Das Uebertragungsprincip besteht darin, daß die Hauptbatterie oder Leitungsbatterie, deren Strom durch die Leitung nach der entfernteren Station übergeht, nicht dazu verwandt wird, um dort den Zeiger-Apparat oder überhaupt den Zeichengeber zu bewegen, sondern vielmehr nur dazu dient, um durch eine kleine und leicht zu erzeugende Bewegung eine zweite Batterie, örtliche oder Localbatterie genannt, abwechselnd zu öffnen und zu schließen. Diese Localbatterie wirkt dann direct auf den Zeichengeber ein und besteht meistens, weil ihr Strom nur sehr kurze Drähte ohne alle Nebenschließung zu durchlaufen hat, also auf seinem Wege nur sehr wenig geschwächt wird, aus ein paar galvanischen Elementen.

Der in §. 55 beschriebene Uebertrager Wheatstone's ist ausschließlich für den Wecker-Apparat construirt; wegen der langsamen und schwingenden Bewegung der die Localbatterie schließenden Magnetnadel eignet sich derselbe nicht zur Bewegung eines Zeichengebers oder zur regelmäßigen und schnellen Herstellung von Contacten. Diese letzteren Bedingungen wurden erst durch den wahrscheinlich von Morse angegebenen Uebertrager erfüllt. Er schaltete in die Leitungsbatterie LB, Fig. 50, einen kleinen, sehr empfindlichen Elektro-Magneten mm' ein, durch dessen Ankeranzug der Contact c für die zweite, örtliche, Batterie OB, welche auf den Apparat A wirkte, geschlossen wurde. Wurde der Strom der Leitungsbatterie LB unterbrochen, so wurde unter Einwirkung der Abreißfeder f der Contact c wieder aufgehoben und damit auch die Localbatterie OB unterbrochen.

Seit dieser Zeit ist diese Uebertragung vielfältig auch unter den verschiedensten Formen angewandt. Bald tritt sie nach Einwirkung sehr starker Ströme in Thätigkeit, bald wieder bei so schwachen, welche für sich allein zur

sicheren Bewegung auch der leichtesten Apparate nicht tauglich wären. Deshalb ist das Princip der **Uebertragung** für die Telegraphie ein sehr fruchtbares und von unermeßlicher Wichtigkeit. Erst hierdurch ist es möglich geworden, auf die jetzigen beispiellosen Entfernungen mit einer unglaublichen Sicherheit zu arbeiten, trotz mangelhaft isolirter Leitungen, trotz des ungeheuren Widerstandes so langer Drähte, ja mitunter trotz heftiger Einwirkungen von Gewittern, Stürmen, Schnee und Regen. Der richtig gestellte Uebertragungsanker (*a* Fig. 50) benutzt auch die geringsten Strommengen,

Fig. 50.



schmiegt sich auch selbst veränderlichen Strömen an und befähigt darauf die kräftige Orts-Batterie *OB* zu den sichersten und schärfsten Wirkungen auf den Haupt-Apparat *A*. Oft handelt es sich aber darum, Apparate für gewöhnliche Stromintensitäten unempfindlich zu machen, um sie nur für besondere Zwecke in Thätigkeit zu setzen. Auch hier stellt sich der Uebertrager, wie sich später ergeben wird, als ein vorzüglicher, fast unentbehrlicher Gehülfe ein. Sein Anker *a* ist dann mittelst der Abreißfeder *f* so stark angezogen, daß gewöhnliche Ströme ihn nicht zur Herstellung des Contactes bewegen können. Durchkreiset dagegen ein verstärkter Strom die Leitung, so schließt der Anker die örtliche Batterie *OB* für die daselbst eingeschalteten Apparate, oder löst ohne Weiteres Laufwerke, welche dann wieder bestimmte, angewiesene Arbeiten ausführen. So werden wir dem Uebertrager in Zukunft oft begegnen, bald bei Telegraphen-Apparaten, bald bei den verschiedenartigsten Weckern und Ausschaltern, ja sogar bei der Auslösung schwerer Schlagwerke für die Eisenbahn-Läutewerke.

57. **Der elektro-magnetische Telegraph von E. Davy.** Am 4. Januar 1839 nahm Edward Davy ein Patent auf einen elektro-magnetisch-chemischen Telegraphen, in welchem die Idee Wheatstone's, die elektro-magnetische Kraft mit einer Gewicht- oder Federkraft zu verbinden, auf eine höchst sinnreiche Weise ausgeführt ist. Es wird nämlich ein System von Rädern durch ein ablaufendes Gewicht in Bewegung gesetzt, zugleich aber durch ein Echappement oder eine Hemmung, wie sie in jeder unserer Gewichtsuhren zu einem gleichen Zwecke vorhanden ist, regulirt.

Das Echappement erhält seine Bewegung durch den Anker eines Hufeisens, welches unter dem Einflusse eines galvanischen Stromes steht; es vermag die Bewegung des Räderwerkes abwechselnd bald zu hemmen, bald frei zu lassen, je nachdem es sich mit seinen Lippen in die Zähne des Räderwerkes einlegt oder sich daraus hervorzieht.

Dieser glückliche Gedanke gehört unbestreitbar Davy, und nicht dem Prof. Wheatstone, dem er häufig zugeschrieben worden ist; aber Davy hat es nicht verstanden, ihn für die Telegraphie nutzbar zu machen, denn der übrige Theil seines telegraphischen Apparates ist complicirt und unbrauchbar. Aus diesem Grunde ist derselbe nicht zur Ausführung im Großen gekommen, und würde sich auch nicht bewährt haben, abgesehen davon, daß er wenigstens 7 — 8 Leitungsdrähte erfordert.

Aber er ist gleichwohl als der Vorläufer des bald nachher bekannt gewordenen Wheatstone'schen Zeiger-Telegraphen anzusehen, und hat, insofern das Princip, auf dem der letzte Apparat beruht, noch jetzt vielseitig und in den mannigfaltigsten Formen zur Anwendung kommt, den gegenwärtigen Höhepunkt der Telegraphie angebahnt.

Die Beschreibung des Davy'schen Telegraphen erstreckt sich in dem Folgenden nur auf diejenigen Theile, welche ein Jahr später (1840) in den Händen des scharfsinnigen und erfinderischen Wheatstone jene bewunderungswürdige Vollendung erhielten. Sie sind in der Fig. 51 abgebildet.

Das Gewicht P setzt bei seinem Ablaufen die Rolle H mit dem Zahnrade O und einem Cylinder K in Bewegung. Das Zahnrad O greift in das Getriebe A ein, das auf der Axe der Scheibe G sitzt. M ist der vordere Schenkel eines Elektro-Magneten, dessen Pole C abgeschrägt sind. N und P sind die beiden Enden des das Hufeisen M umwindenden Drahtes.

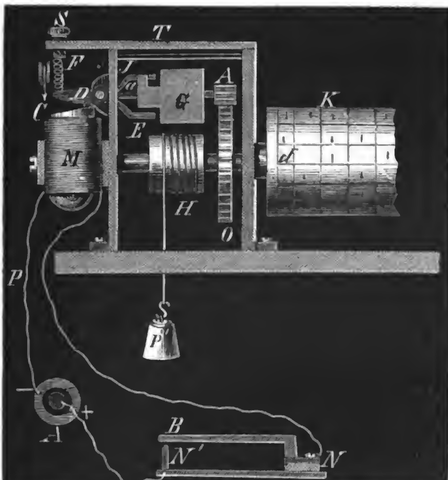
D ist die Armatur oder der Anker, welcher in der Art construirt ist, daß er sich um eine, durch zwei kleine Kreise dargestellte Axe bewegen kann. Mit diesem Anker stehen zwei Schenkel I und E in Verbindung, welche sich mit ihm bewegen und so vorspringen, daß sie mit der Scheibe G in Berührung kommen.

F ist eine Spiralfeder, von welcher ein Ende an dem Anker D, das andere an der Schraube S befestigt ist; sie hält den Anker in der Stellung,

welche man verlangt, wenn er von dem Elektro-Magneten nicht angezogen wird.

A ist die Batterie, *B* der Schlüssel oder derjenige Theil, welcher den galvanischen Kreislauf schließt und öffnet. Er besteht aus zwei, durch eine Elfenbeinplatte verbundenen Messingstücken, von denen das untere Stück eine Erhöhung *N'* trägt, das obere aber, *B*, eine Feder ist, welche sich gegen *N'* herabdrücken läßt und bei nachlassendem Drucke von selbst wieder zurückspringt.

Fig. 51.



Der + Pol der Batterie ist mit dem unteren Messingstück *N'* verbunden; von dem — Pol geht ein Draht zu dem einen Ende der Drahtrolle des Elektro-Magneten *M*, deren anderes Ende durch einen Draht *N* mit der Feder *B* des Schlüssels in Verbindung steht.

In der Zeichnung der Fig. 51 ist die Batterie nicht geschlossen, und also kein Strom vorhanden; der Daumen *a* der Scheibe *G* lehnt dabei gegen den Schenkel *I* des Ankers *D* an, und hält dadurch die Bewegung des ganzen Räderwerkes auf. Drückt man nun aber die Feder *B* gegen *N'*, so ist die Batterie geschlossen, der galvanische Strom circulirt in der Richtung + *N' B N M P* —. Dadurch wird *M* magnetisch, und der Pol *C* zieht den Anker *D* herab; der Schenkel *I* hebt sich und läßt den Daumen *a* frei.

Die Scheibe G macht eine halbe Umdrehung, und ihr Daumen a wird dann von dem unteren Schenkel E wieder angehalten; gleichzeitig hat auch die Walze K eine Bewegung erlitten.

Wird die Batterie geöffnet, was dadurch geschieht, daß man die Feder B frei läßt, so zieht C den Anker D nicht mehr an; die Spiralfeder F hebt dann denselben wieder in die Höhe, der Schenkel E läßt den Daumen a wieder frei, während der andere Schenkel I ihn nach vollendeter halben Umdrehung wieder aufhält. Die Walze K hat sich wieder bewegt, und die übrigen Theile haben ihre erste Stellung wieder angenommen.

So wiederholt sich dieses Spiel bei jedem Drucke auf die Feder B, indem jedesmal der Cylinder K um einen gewissen Theil der Umdrehung sich bewegt. Derselbe ist mit einem eigenthümlich präparirten Zeuge überzogen, welches durch Längen- und Querlinien in kleine Quadrate abgetheilt ist, und ist derart in die Leitung der Batterie eingeschaltet, daß durch die Zersetzung der chemischen Stoffe in dem einen oder dem anderen Quadrate deutlich wahrzunehmende Striche entstehen, welche die Buchstaben bezeichnen. Vermittelst 7 oder 8 Drahtleitungen kann man diese Striche bald in dem einen, bald in einem anderen Quadrate entstehen lassen und dadurch die erforderliche Mannigfaltigkeit der Charaktere hervorbringen. Die Art und Weise, wie dieses erreicht wird, ist sehr zusammengesetzt, und würde in der Praxis mit vielen Schwierigkeiten zu kämpfen gehabt haben.

58. **Wheatstone's Zeiger-Telegraph.** Das Jahr 1840 bezeichnet den Anfang einer neuen Entwicklungs-Periode der elektro-magnetischen Telegraphie. In diesem Jahre hatte der erfinderische Wheatstone die große Schwierigkeit überwunden, einem Elektro-Magneten in großer Entfernung direct, ohne Uebertrager, die magnetische Kraft zu ertheilen, und einen neuen Signal-Apparat vollendet, welcher sich für die Anwendung im Großen ganz besonders eignete. Es ist der erste Zeiger-Telegraph, so genannt, weil ein Zeiger durch das Zusammenwirken der elektro-magnetischen Kraft und einer Gewichtskraft vor einer Scheibe rund getrieben wird, und nach Belieben vor dem einen oder dem anderen der am Rande der Scheibe verzeichneten Buchstaben und Ziffern angehalten werden kann.

Nach vielen, meist entmuthigenden Versuchen, um weit entfernt stehende Elektro-Magnete zu magnetisiren, nahm Wheatstone dann zu dem in §. 55 beschriebenen Uebertrager seine Zuflucht; allein anhaltend fortgesetzte Arbeiten, und insbesondere ein eifriges Studium der sogenannten Ohm'schen Gesetze (28.) gaben ihm Mittel an die Hand, auch ohne jene indirecten Mittel den Magnetismus in sehr weiter Ferne zu erregen, und dadurch Bewegungen hervorzubringen, die stark genug sind, um eine Glocke schlagen zu lassen und den ganzen telegraphischen Mechanismus mit der größten Sicherheit zu regieren.

Nach der Ohm'schen Theorie der galvanischen Kette hängt die Wirkungskraft eines Elektro-Magneten von drei Elementen ab: sie steht in geradem Verhältnisse zu der elektro-motorischen Kraft (20.), in umgekehrtem Verhältnisse zu dem Widerstande des Stromes, und wieder in geradem Verhältnisse zu der Anzahl der Windungen des Drahtes um das weiche Eisen. Hieraus folgt, daß, wenn die Anzahl der Drahtwindungen bei einem Elektro-Magneten vergrößert wird, auch die Kraft desselben zunimmt; aber sie wird auch wieder vermindert durch den Widerstand, den die hinzugefügte größere Drahtlänge dem Strome entgegensetzt und der den letzteren dadurch schwächt.

Wenn der ursprüngliche Widerstand in den anderen Theilen des Schließungsdrahtes gering ist, so wird der neue, durch Vermehrung der Anzahl der Drahtwindungen entstehende Widerstand einen merklichen Einfluß erlangen, und es kann dadurch der Strom so geschwächt werden, daß eben so viel oder noch mehr an magnetischer Kraft verloren geht, als durch die vergrößerte Anzahl der Umwindungen gewonnen wird. Wenn dagegen der ursprüngliche Widerstand im Leitungsdrahte sehr groß ist, was offenbar bei einer telegraphischen Drahtlänge von vielen Meilen der Fall sein muß, so macht der durch die vergrößerte Anzahl der Umwindungen hinzutretende neue Widerstand nur einen sehr geringen Theil vom Gesammtwiderstande aus, und kann als fast wirkungslos angesehen werden. Die Vermehrung der Anzahl der Umwindungen schwächt also in diesem Falle den Strom nur sehr wenig, aber durch die vervielfältigte Einwirkung der Umwindungen wird die Kraft des Elektro-Magneten sehr verstärkt.

Aus demselben Grunde muß man die Elektro-Magnete mit einem feinen und langen Drahte umwinden, weil die Feinheit und Länge des Drahtes bei der Größe des Gesammtwiderstandes nicht viel zur Schwächung des Stromes beitragen kann, dagegen aus ihm sehr viele und dem Eisenkern nahe liegende Windungen gemacht werden können, die nun in ihrer Gesammtheit kräftig auf den Eisenkern einwirken.

Diesen Regeln entsprechend hat Wheatstone bei seinem neuen Telegraphen ganz kleine (2 — 3 Zoll lange), mit sehr langem und sehr feinem, sorgfältig umsponnenem Drahte umwickelte Hufeisen in Anwendung gebracht; die Länge und Feinheit des Drahtes richtet sich nach der Größe der Entfernung, in welcher der galvanische Strom wirken soll.

Der Telegraphen-Apparat Wheatstone's bestand aus zwei Haupttheilen:

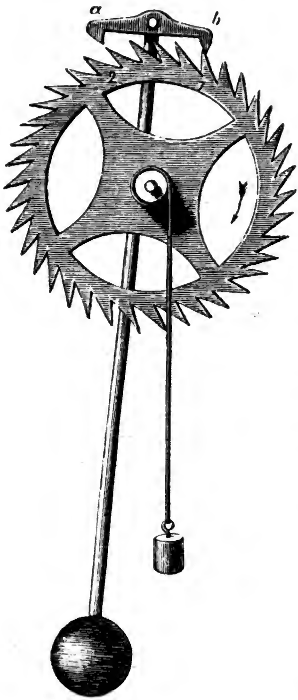
1) dem Indicator oder dem Zeiger,

2) dem Communicator oder dem Versender.

Der Indicator hat als Haupttheil ein mit schräg eingeschnittenen Zähnen versehenes Rad, wie Fig. 52 (a. f. S.), auf dessen verlängerter Axe sich ein Zeiger befindet und welches, wenn es ganz frei wäre, durch ein Uhr-

werk mit großer Geschwindigkeit rundgetrieben werden würde, in Wirklichkeit aber, da es nicht frei ist, in seinem Laufe durch ein von dem galvanischen Strome bewegtes Schappement (Hemmung) bald angehalten, bald freigelassen wird, und so eine ruck- und sprungweise fortschreitende Bewegung annimmt. Die Wirkung einer solchen Hemmung oder des Schappements ist leicht aus der Fig. 52 zu ersehen.

Fig. 52.



Das gezahnte Rad würde durch das ablaufende Gewicht, dessen Schnur um die Axe des Rades geschlungen ist, eine continuirliche Drehung annehmen. Aber es befindet sich hinter dem Rade ein um eine Axe drehbares Pendel mit einem Anker, an dessen Enden sich zwei Lippen befinden. Die Figur stellt das Pendel gerade in der Lage vor, wo es seine äußerste Stellung links hat. Behielte es diese Stellung, so könnte das Rad nicht vorangehen, weil es durch die Lippe *b*, welche den Zahn 1 festhält, gehemmt ist; aber das Pendel geht von dieser äußersten Stellung sofort nach der anderen Seite über; durch diese Schwingung hebt sich *b* und läßt den Zahn 1 frei, das Rad fängt an in der Richtung des Pfeiles sich zu drehen, wird aber sogleich wieder gehemmt, weil, während sich *b* hebt, die Lippe *a* niedergeht, und dann den Zahn 2 aufhält. Erst wenn das Pendel wieder nach der Linken schwingt, wird das Rad wieder einen Augenblick frei und dreht sich um einen Zahn immer in derselben Richtung weiter.

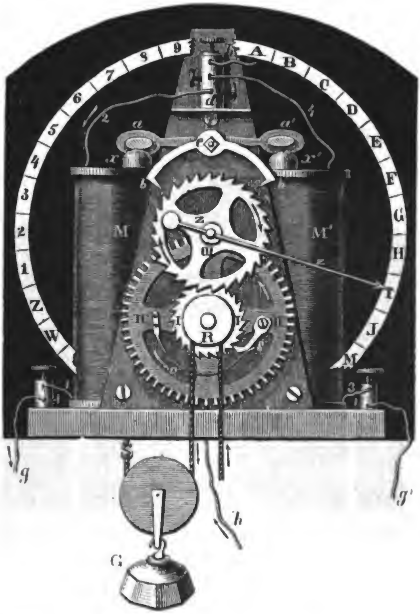
Die Stelle des Pendels wird nun bei dem Telegraphen durch die bewegende Kraft zweier Elektro-Magnete oder auch eines einzigen Elektro-Magneten und einer Spiralfeder vertreten.

Der Indicator mit seinem Laufwerke ist in Fig. 53 abgebildet:

R ist eine mit dem Sperrrade *I* fest verbundene Rolle, über welche die Gewichtschnur geht; *s* der Sperrhaken, *c* die diesen Haken niederhaltende Feder.

Das Gewicht *G* dreht die Räder *II* und *III* in der Richtung der Pfeile herum; die Axe des Rades *III* trägt auf der Vorderseite des Apparates den Buchstabenzeiger *zz*, welcher die am Rande eines Zifferblattes eingegrabenen Buchstaben und Ziffern andeutet.

Fig. 53.



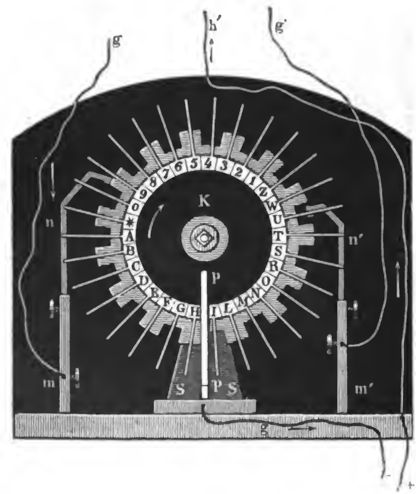
M, *M'* sind zwei Elektro-Magnete, deren Eisenkerne *x*, *x'* aus den Drahtrollen hervorsehen. Zu beiden Seiten derselben stehen auf der Bodenplatte zwei Messingsäulchen zur Aufnahme der einen Enden 1, 3 des Umwindungsdrahtes; an dem oberen Theile des Ständers, an welchem die Gestellplatte des Räderwerkes befestigt ist, steht ein drittes Messingsäulchen *d*, welches die beiden anderen Enden 2, 4 des Umwindungsdrahtes von *M* und *M'*, sowie einen der Leitungsdrähte *h* aufnimmt. Die beiden anderen Leitungsdrähte *g*, *g'* sind in den unteren Säulchen festgeschraubt. Der Leitungsdraht *g* steht daher zunächst mit dem Elektromagneten *M*, sowie *g'* mit *M'* in Verbindung.

Der auf der entfernten Station erregte galvanische Strom wird,

wie wir sogleich sehen werden, in allen Fällen durch den mittleren Draht *h* hin geleitet und langt also stets in dem oberen Säulchen *d* an, von wo aus er bald nach *M* durch den Draht 2 gelangt, um die Drahtrolle zu durchlaufen und dann durch 1 und *g* zu der anderen Station zurückzukehren, bald aber auch durch 4 sich zu *M'* wendet, um durch 3 und *g'* seinen Kreislauf zu vollenden.

Auf der Welle *e* sitzt der Hebel *a a'* und das Echappement *b b'*; durch die eigenthümliche Construction des Communicators (Fig. 54) wird

Fig. 54.



bei der Drehung desselben der galvanische Strom abwechselnd bald zu *M*, bald zu *M'* geleitet; dadurch wird bald der Pol *x*, bald *x'* magnetisch und daher wird bald der Hebelarm *a*, bald *a'* angezogen. Das Echappement *b b'* erhält hierdurch dieselbe Bewegung, wie bei der Regulirung durch ein Pendel (Fig. 52), und läßt demnach das Räderwerk in sprungweiser Bewegung ablaufen. Der Zeiger *z z* auf der Welle des Rades *III* theilt diese Bewegung und springt also in Folge der hin- und hergehenden Bewegung des Hebels *a a'* und des Echappements *b b'* auf der Indicatorscheibe von einem Buchstaben zum folgenden.

Der Communicator (Fig. 54) muß also die Einrichtung haben, daß der galvanische Strom abwechselnd bald zu *M* (Fig. 53), bald zu *M*,

geleitet wird. Der verticale Messingständer *SS* trägt auf einem horizontal vorspringenden Arme *K* das messingene Buchstaben- oder Speichenrad. Der breite Umfang desselben ist in eben so viele gleiche Theile getheilt, als der Indicator Zeichen enthält; ein Theil um den anderen ist aber ausgeschnitten, so daß in der Figur 15 Vorsprünge und eben so viele Einschnitte, den 30 Indicator-Zeichen entsprechend, am Rande der Scheibe vorhanden sind. Die Buchstaben und Ziffern sind auf der vorderen Fläche der Scheibe den genannten Randtheilen gegenüber verzeichnet; jedem Zeichen gegenüber ist eine Speiche befestigt, durch welche die Scheibe in der Richtung des Pfeiles ruckweise rundgedreht wird.

Auf dem Ständer *SS* steht ein Stäbchen *pp* als Marke, gegen welches der die Speichen fortschiebende Finger jedesmal anhält, um zu verhüten, daß nicht mehr, als genau ein Zeichen bei jedem Ruck die Marke passire. Eine Speiche nach der anderen wird mit einer angemessenen Geschwindigkeit an dem Stäbchen *pp*, wo sie einen Augenblick angehalten wird, vorbei gedreht, bis der zu signalisirende Buchstabe (in der Figur *I*) eingestellt ist. Nach einer kleinen Pause erfolgt dann die Drehung des Rades von Neuem, bis die ganze Depesche buchstabirt worden ist.

Zu beiden Seiten des Speichenrades stehen zwei hohle Messingsäulen *m*, *m'*, in deren Höhlungen sich die Messingstäbchen *n*, *n'* auf und nieder bewegen lassen. Diese Stäbchen werden in einer solchen Lage festgeschraubt, daß der Knopf des einen, *n*, auf der Mitte eines Vorsprunges 9, der Knopf des anderen *n'* aber genau in der Mitte eines Einschnittes *U* steht, und daß bei der Drehung des Rades die Knöpfe abwechselnd über die Oberflächen der Randvorsprünge leicht federnd weggleiten. Auf diese Weise kommt abwechselnd bei der Bewegung des Rades *K* bald die eine Säule *m*, bald die andere *m'* mit dem Rade und seinem Träger, dem Ständer *SS*, in metallische Verbindung zu stehen.

Von dem metallischen Fuße des Ständers *SS* geht ein Verbindungsdraht *g* nach dem — Pole oder dem Zinkende der galvanischen Batterie, während der mittlere Leitungsdraht *h'* zu dem + Pole (dem Kupferende) der Batterie geht.

In der Ruhelage steht der Zeiger des Indicators oben links vor *A* auf ✱; am Communicator steht die diesem Zeichen entsprechende Speiche an der Marke *pp*. Dreht man nun das Rad *K*, Fig. 54, in der Richtung des Pfeiles, indem man zuerst *A*, dann *B* u. s. w. unter die Marke *pp* stellt, so folgt der Zeiger *zz*, Fig. 53, in derselben Richtung, springt von ✱ auf *A*, dann auf *B* u. s. w.

In der Fig. 54 ist der Buchstabe *I* des Communicators eingestellt; in dieser Stellung berührt der linke Stab *n* das Rad *K*, der galvanische Strom geht dann vom + Pole aus durch *h'* zu dem Indicator der ent-

fernten Station, Fig. 53, tritt durch *h* in die obere Säule *d* ein, und kann von hier aus nicht durch 4 zu *M'*, weil auf dem Wege durch 3, *g'* zu *g*, und *m'*, Fig. 54, zwischen *n'* und *K* die Verbindung fehlt. Der Strom geht also von *d*, Fig 53, durch 2 nach der Drahtrolle *M*, und durch 1 und den Leitungsdraht *g* zu *g* in Fig. 54, tritt in die Säule *m* und in den Stab *n*, und gelangt durch *K*, *SS*, *y* zu dem — Pole zurück. Der Arm *a*, Fig. 53, wird angezogen, und der Anker *b* legt sich in eine Zahnlücke des Rades *III* ein. Der Zeiger *zz* ist auf *I* gesprungen; das Räderwerk steht still. Dreht man nun die Speiche *L* unter die Marke *pp*, so ist die Verbindung zwischen *K* und *n* aufgehoben, zwischen *K* und *n'* hergestellt; der vom + Pol durch *h'* zu dem Indicator, Fig. 53, aufsteigende Strom kann nun von *d* aus nicht mehr durch 2 nach *M* gehen, sondern wendet sich von *d* durch 4 nach der Drahtrolle *M'*, und auf dem Wege 3, *g'*, *g'*, Fig. 54, *m'*, *n'*, *K*, *SS*, *g*, zu dem — Pole zurück.

Der Pol *x* läßt seinen Arm *a* los, während *x'* den Arm *a'* niederzieht, das Räderwerk setzt sich einen Augenblick in Bewegung, weil der Anker *b* die Radzähne verläßt; aber es wird sogleich wieder in Stillstand gesetzt, weil der Haken *b'* sich in die Zahnlücken einlegt. Das Rad *III* hat dadurch den Zeiger gerade um einen Buchstaben fortgeschoben; dieser zeigt also ebenfalls auf *L*.

Auf diese Weise hält der Zeiger *zz* stets gleichen Gang mit der Bewegung des Speichenrades, und durch eine gemessene Bewegung dieses letzteren kann daher auf einer entfernten Station jeder Buchstabe angezeigt werden.

Es versteht sich von selbst, daß der eine der drei Leitungsdrähte, z. B. *hh'*, durch das feuchte Erdreich vertreten werden kann, zu welchem Zwecke das Ende *h*, Fig. 53, sowie das Ende +, Fig 54, mit den Erdplatten in Verbindung gesetzt wird.

Es ist zugleich einleuchtend, daß auch der zweite Leitungsdraht *g'g'* wegfallen kann, wenn man die Wirkung des Elektro-Magneten *M'*, welcher den Zweck hat, den Anker *a* von seinem Pole *x* abzureißen, sobald er von *M* nicht mehr angezogen wird, durch eine Feder ersetzt. Dann fällt zugleich die Säule *m'n'* weg, und zur vollständigen Bewegung des Telegraphen ist eine einzige Drahtleitung mit zwei Erdplatten zwischen den beiden Stationen vollkommen ausreichend.

In dem Bisherigen ist der Zeiger-Telegraph bloß in derjenigen Einrichtung dargestellt, in welcher er sich zur Mittheilung einer Nachricht von einer Station *I* aus nach einem entfernten Orte *II* eignet. Man fordert aber von jedem telegraphischen Apparate, daß er sowohl vom Orte *I* nach *II*, als auch umgekehrt jeden Augenblick in der entgegengesetzten Richtung von *II* nach *I* Mittheilungen zu machen im Stande sei. Die Aufstellung

zweier ganz gesonderter Apparate, deren Leitungsdrähte von einander unabhängig sind, würde diesen Zweck am vollständigsten erreichen; aber die ohnehin bedeutenden Kosten einer einzigen Drahtleitung lassen eine solche Vorkehrung nicht zu. Es wird daher den Theilen des Zeiger-Apparates Fig. 53 und Fig. 54 noch eine besondere Einrichtung, Umschalter genannt, hinzugefügt, durch welche derselbe mittelst einer einzigen Drahtleitung sowohl von *I* nach *II*, als auch von *II* nach *I* Depeschen versenden kann.

Die Einrichtung eines solchen Umschalters kann mannigfacher Art sein; wir umgehen hier die nähere Einrichtung desselben, einmal, weil Wheatstone's Telegraph nicht mehr im Gebrauche ist, und zweitens, weil wir die gegenwärtig gebräuchlichen Umschalter später bei den Apparaten selbst noch ausführlicher besprechen werden.

Vierter Abschnitt.

Die elektrischen Telegraphen in ihrem gegenwärtigen Betriebe.

---

59. **Allgemeines.** Bisher konnten wir die Entwicklungsgeschichte der Telegraphie an die Entwicklung der physikalischen Erscheinungen in dem Gebiete der Elektricität und an die nach und nach sich erweiternde Feststellung der Gesetze ihrer Wirkungsweise anknüpfen. Mit jeder neuen Entdeckung auf diesem Felde that die Telegraphie ebenfalls einen Schritt vorwärts, und wir haben gesehen, wie an die erste Erkennung der großen Geschwindigkeit der Reibungs-Elektricität (47.) sich die ersten Versuche einer elektrischen Telegraphie anschlossen, wie aus der Entdeckung der galvanischen Ströme und der Erforschung ihrer Eigenschaften der Sömmering'sche Apparat hervorging und der Oersted'schen Entdeckung (32.) in Kurzem eine Reihe von Vorschlägen und Versuchen zu neuen Telegraphen-Einrichtungen nachfolgten. Die Physik that noch einen Schritt weiter: sie erfand die temporären Magnete oder die Elektro-Magnete (34.) — die Telegraphie bemächtigte sich der neuen Erfindung ohne Zaudern, und als endlich Faraday in der Induction (37.) eine neue Quelle von galvanischen Strömen aufdeckte, wußte, nach vorgängigen Versuchen von Gauß und Weber, der erfinderische Geist eines Steinheil auch diese Kraft für die Telegraphie dienstbar zu machen.

So ist die Entwicklung der elektrischen Telegraphie der Entwicklung der elektrischen Kräfte parallel gegangen und noch gegenwärtig wird sie von keinen anderen Motoren beherrscht, als von denjenigen, welche in den vorigen Abschnitten beschrieben worden sind. Die Motoren allein aber machen noch keinen Telegraphen aus, — wäre dieses der Fall, so hätten wir die Telegraphie schon im Jahre 1832 auf derselben Höhe der Vollendung gesehen, auf welcher wir sie jetzt bewundern — die Motoren bilden vielmehr nur den Kraftapparat; den Dampfkesseln der Dampfmaschinen vergleichbar, liefern sie nur die zum Betriebe der Maschinen erforderliche Kraft, und mit der Kenntniß dieser letzteren und deren Eigenschaften ist die Betriebsmaschine noch nicht fertig. Zur Construction dieser letzteren hat die Mechanik Hülfe zu leisten, und unter ihrem Beistande gelingt es endlich, die von der Kraft ausgeführten Elementar-Bewegungen so umzugestalten, zu reguliren und zu vervielfältigen, daß damit die benöthigte Arbeit geleistet, das gewünschte Ziel erreicht wird.

Man wird daher aus dem Folgenden ohne Mühe erkennen, daß die den jetzigen Telegraphen zu Grunde liegenden Principien sämmtlich in den bereits hinter uns liegenden Apparaten enthalten sind, und daß die staunenswerthen Leistungen der gegenwärtigen Telegraphen durch die wenigen und einfachen Kräfte erzielt werden, welche in dem ersten Abschnitte ihre Besprechung gefunden haben. Das unterscheidende Merkmal zwischen den älteren und neueren Apparaten liegt ausschließlich in der Art und Weise, wie die Mechanik die primären und einfachen Bewegungen, welche der galvanische Strom direct oder indirect hervorzurufen vermag, zu leicht verständlichen und sicheren Signalen umgestaltet.

Gauß, Weber und Steinheil (51., 52.) waren die Ersten, welche die durch den Strom hervorgerufenen directen Bewegungen der Magnetnadel in ihrer Einfachheit zum Signalisiren benutzten — sie wurden dadurch die Begründer der Nadel-Telegraphie.

Davy (57.) und besonders Wheatstone (54., 55.) benutzten die bereits früher von Morse in ihrer Einfachheit angewandte Wirkung der Elektro-Magnete zuerst, um eine continuirliche, rotirende Bewegung in eine absetzende zu verwandeln, und Wheatstone (58.) übertrug diese springende Bewegung einem Zeiger. — Letzterer ist daher als der Begründer der Zeiger- oder der rotirenden Telegraphen anzusehen.

Steinheil (52.) endlich führte schon im Jahre 1837 die Idee aus, die Signale zu fixiren oder dieselben zu drucken; in demselben Jahre aber machte Morse in Amerika sein auf ganz anderen Principien beruhendes System von Druck-Telegraphen bekannt — Beide sind daher die Begründer der Druck-Telegraphen.

Hiernach erhalten wir für die in dem Folgenden zu beschreibenden, ge-

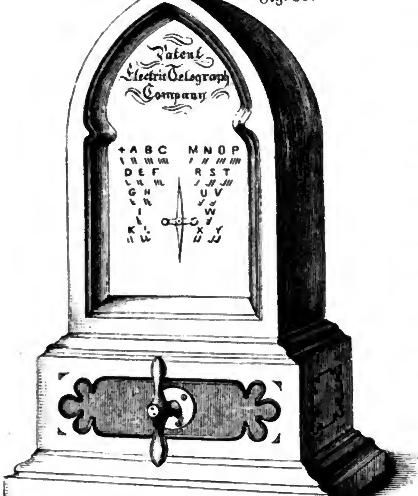
genwärtig im Betriebe befindlichen Telegraphen-Systeme noch jetzt folgende Eintheilung:

A. die Nadel-Telegraphen,
B. die Zeiger- oder die rotirenden Telegraphen,
C. die Druck-Telegraphen.

A. Die Nadel-Telegraphen.

60. **Der einfache Nadel-Telegraph von Wheatstone und Cooke.** Die Mängel der in §. 53 erwähnten, aus fünf Nadeln zusammengesetzten Telegraphen wurden bei der Ausführung im Großen sehr bald bemerklich; die vielen Leitungsdrähte machten die Anlage einer Linie sehr kostspielig und waren auf die Dauer nicht in demjenigen Zustande der Isolation zu erhalten, der für ein verläßliches Arbeiten durchaus nothwendig war. Die Erfinder gaben daher ihr System auf und, indem sie auf das directe Signalisiren der Buchstaben verzichteten, adoptirten sie das Gauß'sche System und stellten die Signale durch Combination der zwei Ausschläge von einer oder höchstens von zwei Magnetnadeln dar.

Fig. 55.

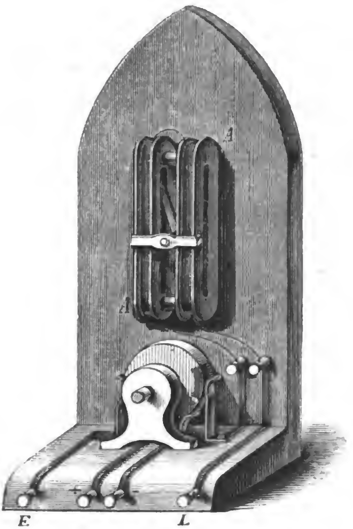


Die Fig. 55 zeigt die vordere Ansicht eines Nadel-Telegraphen mit der Signalscheibe. Ein vertical stehender Multiplicator (33.) befindet sich innerhalb des Gehäuses, auf dessen Außenseite sich das Zifferblatt und ein Zeiger befindet. Unterhalb desselben ist ein Griff angebracht, durch dessen Drehung nach rechts und nach links die Richtung des Stromes im Multiplicator so regulirt wird, daß der Zeiger auf diesem Zifferblatte immer diesem Griffe parallel nach der Rechten oder der Linken abgelenkt wird. Zur

Seite der Nadel befinden sich kleine Anhaltstifte, welche den Ausschlag der Nadel innerhalb einer kleinen Gränze gestatten.

Die innere Einrichtung dieses Apparates ist aus Fig. 56 zu ersehen. *A* ist der Multiplicator, welcher durch einen etwa 400 Fuß langen dünnen übersponnenen Kupferdraht gebildet wird, der auf einem Rahmen von dünnem Messingblech aufgewunden ist. Die beiden Abtheilungen der Multiplicatorwindungen sind in unserer Zeichnung absichtlich etwas weiter auseinandergerückt, als es in der Wirklichkeit sein darf, damit die Einrichtung besser übersehen werden kann. Eine horizontale, durch die Mitte des Rahmens hindurchgehende Axe trägt nun zwei Nadeln, von denen die eine, innerhalb des Rahmens liegend, theilweise in unserer Figur sichtbar ist, während die andere, auf der Vorderseite des Kastens liegend, zugleich als Zeiger dient. Beide Magnetnadeln sind parallel; die eine hat den Nord-, die andere den Südpol nach unten gekehrt, so daß die richtende Kraft des Erdmagnetismus keine Wirkung auf das Nadelpaar ausüben kann, während der galvanische Strom in gleichem Sinne auf beide wirkt.

Fig. 56.



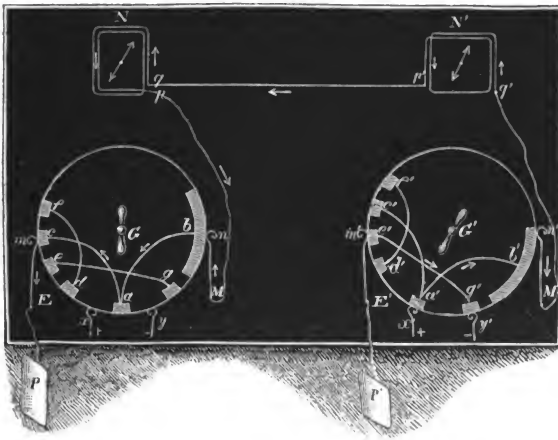
Der wichtigste Theil des Apparates ist offenbar der sogenannte Schlüssel, der durch die Drehung des Handgriffes in Bewegung gesetzt wird und der für den richtigen Lauf des Stromes zu sorgen hat. Die Einrichtung dieses Theiles des Instrumentes hat mancherlei Abänderungen erlitten; die einfachsten Vorrichtungen dieser Art sind in Fig. 57 schematisch abgebildet.

Die Figur bezieht sich auf zwei mit einander in Verbindung stehende Stationen. Wie der Schlüssel mit den übrigen Theilen des Apparates in Verbindung gebracht ist, ersieht man aus Fig. 56.

G ist der auf der Außenseite des Gehäuses hervortretende Griff des

Schlüssels. Auf der Axe desselben sitzt eine Holzscheibe fest, welche sich demnach innerhalb einer durch Aufhälter markirten Gränze nach der Rechten und

Fig. 57.



nach der Linken drehen läßt. Die Randfläche ist mit sieben Contactstücken, *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, von Messing versehen, deren Zwischenräume durch Elfenbein ausgefüllt sind. Auf der Vorderseite der Scheibe sind einige dieser Contactstücke, nämlich *a* mit *b* und *c*, *f* mit *d*, sowie *e* mit *g*, durch Metallstreifen, die sich nicht berühren, mit einander verbunden.

Gegen den Rand dieser Scheibe federn vier Contactfedern, *x*, *y*, *m*, *n*, von denen die zwei ersteren, *x*, *y*, mit den Polen der Batterie, *m* mit der Erdplatte und *n* mit dem einen Ende des Multiplicatordrahtes *N* in Verbindung stehen. Die Anordnung der Scheiben und ihrer Federn ist auf beiden Stationen dieselbe, mit dem alleinigen Unterschiede, daß auf der einen Station (links) die Feder *n* mit dem Anfangspunkte *p* des Multiplicatordrahtes *N*, auf der anderen Station aber dieselbe Feder *n'* mit dem Endpunkte *q'* dieses Drahtgewindes *N'* verbunden ist. Die beiden anderen Drahtenden *q* und *p'* sind an dem Leitungsdrahte befestigt.

Im Zustande der Ruhe haben die Scheiben und Griffe *G*, *G'* die verticale Stellung, wie es der linke Theil der Zeichnung darstellt. Dabei sind die Batterien von der Leitung ausgeschlossen, also offen, da ihre Polfedern *x*, *y* nicht mit dem Metalle der Schlüssel in Berührung stehen.

Wird aber, wie es bei *G'* zu sehen ist, der Schlüssel so gedreht, daß

der obere Theil des Griffes nach der Rechten zeigt, so wird dadurch die Batterie dieser Station in die Leitung eingeschaltet und der Strom circulirt in der Richtung:

Pol + x' a' b' n' M' q' p', Leitung, q p M n b a c m E P, Erde, P' E' m' e' g' y' — Pol.

Die Art der Windungen der Multiplicatoren N, N' ist nun eine solche, daß bei dieser Richtung des Stromes die Nadeln dieselbe Ablenkung erleiden, welche dem Griffe G' gegeben war.

Eine Drehung des Griffes G' von der verticalen Stellung aus nach der Linken würde den Strom in folgender Richtung durch die Apparate senden: Pol + x' d' f m' E' P', Erde, $P E m c a b n M p q$, Leitung, $q' p' M' n' b' a' y'$ — Pol, also in einer der vorigen entgegengesetzten Richtung, woher dann die Nadeln in entgegengesetzter Richtung, d. h. links, abgelenkt werden.

Die Zeichen werden nun durch verschiedenartig combinirte Ausschläge der Nadel gegeben. Das Alphabet ist auf der vorderen Seite des Instrumentes (Fig. 55) aufgezeichnet. \ bezeichnet einen Ausschlag des oberen Nadelendes nach der linken, / ein solches nach der rechten Seite. So ist z. B. A durch zwei Ausschläge nach der linken, N durch zwei Ausschläge nach der rechten bezeichnet. — Ein Theil der schrägen Striche ist halb so lang als die übrigen, wodurch ausgedrückt sein soll, daß unter den zusammenhängenden Strichen die kurzen zuerst zu signalisiren sind; so ist z. B. ausgedrückt: E durch rechts, links, links; I ist ausgedrückt durch rechts, rechts, rechts, links; L = rechts, links, rechts, links; R = links, rechts; Y = links, rechts, links, rechts u. s. w.

Außerdem giebt die letzte zu einem Zeichen gehörende Bewegung an, auf welcher Seite der Nadel der entsprechende Buchstabe sich befindet. War der letzte Nadelausschlag rechts, so steht der signalisirte Buchstabe rechts; daher sind alle letzten Nadelausschläge der auf der rechten Seite der Nadel stehenden Buchstaben rechts, alle letzten Nadelausschläge der auf der linken Nadelseite stehenden Buchstaben links.

Diese Zeichen sind etwas complicirt und erfordern zu ihrer Ausführung ziemlich viel Zeit, da ein großer Theil von ihnen drei und vier Ausschläge erfordert. Der einfache Nadel-Telegraph wird daher in den meisten Fällen durch das folgende Instrument ersetzt.

61. **Der Doppelnadel-Telegraph von Wheatstone und Cooke** ist nichts weiter, als eine Zusammensetzung zweier Nadel-Apparate der eben beschriebenen Art.

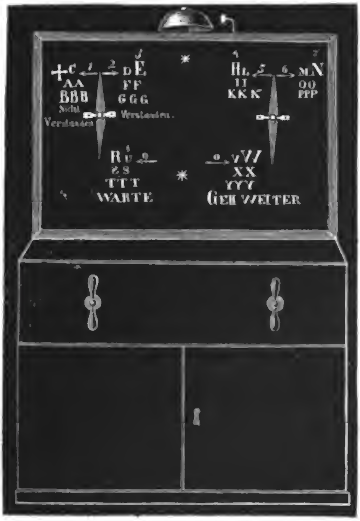
Fig. 58 zeigt die Vorderansicht eines solchen Apparates mit der Signalscheibe.

Die auf der oberen Hälfte des Zifferblattes befindlichen Zeichen werden

durch das Ausschlagen einer einzigen Nadel, die unteren Zeichen aber durch beide Nadeln hervorgebracht.

Die linke Nadel giebt durch einmaliges Ausschlagen nach links +, als Zeichen für das Wortende, nach rechts *E*; durch zweimaliges Ausschlagen nach links *Á*, nach rechts *F*; durch dreimaliges Ausschlagen nach links *B*, nach rechts *G*; durch zwei Ausschläge erst rechts, dann links *C*, erst links, dann rechts *D*. Auf dieselbe Weise giebt die rechte Nadel die Buchstaben *H*, *N*, *I*, *O*, *K*, *P*, *L*, *M*. Eine parallele Bewegung beider Nadeln mit ihren unteren Enden giebt die unteren Zeichen an und zwar durch ein einmaliges Ausschlagen nach links *R*, nach rechts *W*; durch zweimaliges Ausschlagen nach links *S*, nach rechts *X*, durch dreimaliges Ausschlagen nach links *T*, nach rechts *Y*.

Fig. 58.



Außerdem befinden sich noch auf dem Zifferblatte die Ziffern und die Worte »Verstanden«, »Nicht verstanden«, »Warte«, »Geh weiter«. Der Zeichengeber giebt nach jedem Wortende +, worauf der Empfänger das Zeichen *E* giebt, wenn er verstanden hat, und + giebt, wenn er nicht verstanden hat.

Der Uebergang von den Buchstaben zu den Ziffern wird von dem Geber dadurch angezeigt, daß er nach dem Wortende + ein *H* und sogleich darauf wieder + signalisirt; der Uebergang von den Ziffern zu den Buchstaben erfolgt auf demselben Wege. Die Ziffern werden durch die am leichtesten darzustellenden Buchstaben repräsentirt, nämlich 1 = *C*, 2 = *D*, 3 = *E*, 4 = *H*, 5 = *L*, 6 = *M*, 7 = *N*, 8 = *R*, 9 = *U*, 0 = *V*.

Der Uebergang von der öffentlichen Correspondenz zur geheimen mittelst des Signallexikons wird durch die Reihenfolge der Zeichen + *N* + angezeigt.

Ist der Telegraphist bei der Ankunft einer Depesche bereits beschäftigt, oder wird er sonst unterbrochen, so giebt er durch die Zeichen $+ R +$ das Signal »Warte«; ist er im Stande, die Depesche entgegenzunehmen, so giebt er durch $+ W +$ das Signal »Geh weiter«.

Jeder Apparat besitzt außerdem noch einen auf seinem oberen Theile angebrachten Wecker, welcher sich im Ruhezustande in derjenigen Drahtleitung, die auf die linke Nadel wirkt, eingeschaltet befindet und nach erfolgtem Signalläuten durch einen einfachen Umschalter aus der Leitung ausgeschlossen wird.

Die Vorzüge, welche dieser Telegraph, der in England in Folge der eigenthümlichen Patent-Gesetzgebung dieses Landes fast ausschließlich sowohl auf den Staats- wie auf den Eisenbahn-Linien in Anwendung ist, vor manchen anderen Apparaten voraus hat, bestehen in der Einfachheit seiner Construction, wodurch öftere Reparaturen oder Regulirungen nach der Stromstärke vermieden werden, in der Leichtigkeit, mit welcher sich die Handgriffe zur Darstellung der Zeichen regieren lassen, und in der großen Geschwindigkeit, mit welcher man ein Zeichen nach dem anderen entwickeln und längs der Telegraphenlinie fortsenden kann. Er besitzt dagegen wieder Nachtheile, welche die genannten Vorzüge gänzlich aufheben. Da ein directes Signalisiren der Buchstaben nicht möglich ist und diese wie die Ziffern und die anderen conventionellen Zeichen nach der Methode von Gauß (51.) durch Combination der Nadel-Ausschläge ausgedrückt werden müssen, so können nur diejenigen, welche vorher das Alphabet eingelernt haben und in fortwährender Uebung bleiben, die Depeschen ablesen und versenden. Für Eisenbahnzwecke aber ist es höchst wünschenswerth, daß jeder Bahnbeamte mit dem Telegraphen zu arbeiten verstehe, eine Bedingung, welche allein durch den die Buchstaben und die Ziffern unmittelbar angebenden Zeiger-Telegraphen erfüllt werden kann. Andererseits sind selbst für die eingeübten Telegraphisten in Folge der Schwankungen der Magnetnadel und ihrer Schwingungen um die Gleichgewichtslage die Ausschläge nicht immer so bestimmt, daß der beabsichtigte Buchstabe dadurch erkannt wird, und ist bei der raschen Aufeinanderfolge der Nadelzuckungen, jetzt rechts, dann wieder links, jetzt einzeln, dann zu zweien, jetzt Buchstaben, dann durch dieselben Ausschläge Ziffern, das Ablesen und Entziffern der Depeschen für die Telegraphisten sehr ermüdend, ein Umstand, der auf die Sicherheit und Pünktlichkeit des Dienstes jedenfalls nachtheilig einwirkt. Dazu kommt, daß der Apparat für jede Nadel einen Leitungsdraht, im Ganzen also eine aus zwei Drahtzügen bestehende Leitung erfordert, die Kosten der Anlage und die Ursachen zu Störungen des Betriebes sich also beinahe verdoppeln. Endlich ist auch der schädliche Einfluß, den die Gewitter oder die Elektricität der atmosphärischen Luft auf die Telegraphen-Apparate überhaupt ausüben, nirgendwo so bemerkbar und störend, als bei den Nadel-

Telegraphen, welche wegen der Empfindlichkeit ihrer Multiplicatoren und der leichten Beweglichkeit der Nadeln durch galvanische Strömungen in Bewegung gerathen, welche auf die Zeiger- und Druck-Telegraphen noch ohne Einfluß sind.

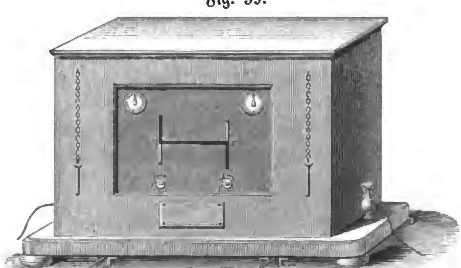
Alle diese nachtheiligen Eigenschaften vereinigen sich, um dem Nadel-Telegraphen eine allgemeine Verbreitung zu versagen; nur in England hat er eine allgemeine Anwendung finden können, weil das Patent Wheatstone's fast jedes andere System, namentlich das der Elektro-Magnete, ausschließt.

62. **Der französische Staats-Telegraph von Breguet** nimmt in seiner gegenwärtigen Gestalt eine Stelle ein zwischen den Nadel- und den Zeiger-Telegraphen; mit jenen hat er die Art der Zeichengebung, die Darstellung der Buchstaben durch Chiffern, mit diesen den Mechanismus eines rundspringenden Zeigers gemein. Er erhielt diese eigenthümliche Einrichtung dadurch, daß in dem Jahre 1845, wo auf Befehl der französischen Regierung eine besondere Commission mit Versuchen über elektrische Telegraphie beschäftigt war, der Telegraphen-Chef A. Foy entschieden einen Apparat verlangte, welcher durch elektrische Kräfte getrieben die sämmtlichen Zeichen des optischen Telegraphen von Chappe (6.) erzeugen konnte. Die Besorgniß, daß die Beamten der eingehenden optischen Linien sich nicht in dem neuen Systeme würden zurechtfinden können, bestimmte ohne Zweifel Herrn Foy, die alten Signale beizubehalten und einen Apparat vorzuschreiben, der wie der optische Telegraph aus zwei unabhängig von einander beweglichen Nadeln (Armen oder Flügeln) bestand und so einzurichten war, daß jeder Flügel acht verschiedene Stellungen annehmen konnte.

Der geschickte französische Mechaniker Breguet wurde mit der Ausführung der Apparate beauftragt und von ihm erhielten sie folgende Einrichtung:

1. Der Zeichengeber (récepteur) besteht aus zwei im Inneren eines Kästchens, Fig. 59, parallel neben einander stehenden, ganz gleichen Uhr-

Fig. 59.



werken, welche, wenn sie nicht gehemmt würden, die beiden auf der Außenseite des Kästchens sichtbaren Nadeln *l* (linke) und *r* (rechte) mit gleichförmiger Geschwindigkeit rund drehen würden, in der Wirklichkeit aber durch eine besondere Hemmung (Echappement) die continuirliche Bewegung so in eine springende verwandeln, daß jede Nadel von ihrer Ruhelage aus sieben neue oder im Ganzen acht Stellungen annehmen kann, bei jedem Sprunge also einen Winkel von 45° durchläuft.

Die Fig. 60 stellt eines dieser Uhrwerke in der Seitenansicht dar. Der Flügel *A* (eine leichte Nadel von Glimmer, deren eine Hälfte geschwärzt ist) steckt auf der Welle des letzten Rades und wird mit diesem rund gedreht; die Trommel *B* enthält eine Uhrfeder, durch deren Kraft sich das Räderwerk, wie in einer Uhr, in Bewegung setzt; das letzte Rad *z* hat nur 4 Zähne (Fig. 61)

Fig. 60.

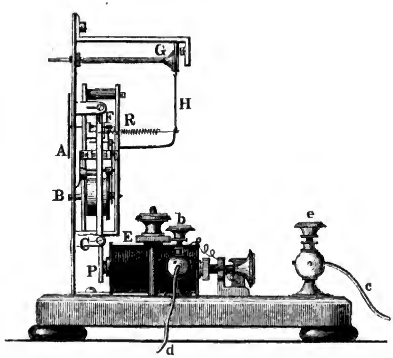
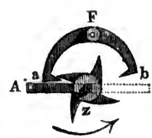


Fig. 61.



und ist mit einer Hemmung *F* derart verbunden, daß es bei jeder Bewegung der letzteren nach rechts oder links um eine halbe Zahnlücke weiter geht, wie aus der Figur sofort klar wird. Das Rad *z* und mit ihm der auf seiner Axe festsitzende Zeiger *A* (Fig. 60) macht also bei einem Umgange acht Sprünge und zwar jedesmal um 45° weiter in der Richtung des Pfeiles. *E* ist der Elektro-Magnet, *P* sein Anker, welcher in *C* seinen Drehpunkt hat und mit seinem nach oben verlängerten Arme bei *F* auf die Hemmung wirkt. Die Abreißfeder *R*, welche von außen des Kästchens mittelst eines auf die Welle *G* gesteckten Schlüssels und mit Hülfe des durch ein Metallöhr gehenden Seidenfadens *H* mehr oder weniger angespannt werden kann, zieht den Anker *P* von den Polen des Elektro-Magneten *E* zurück, wenn dieser seinen Magnetismus verloren hat. In den Klemmen *e* und *b* münden die Drahtenden des Elektro-Magneten *E*, sowie andererseits die Drähte *c* und *d*, von

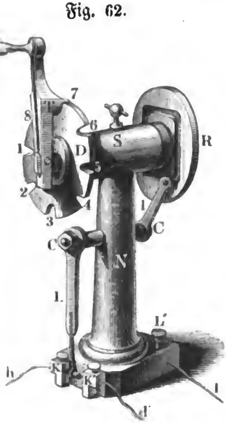
denen jener nach der Erdplatte, dieser nach dem noch zu beschreibenden Zeichenmacher führt.

Geht ein Strom durch den Elektro-Magneten *E*, so wird *P* angezogen, *F* (Fig. 61) links aufwärts bewegt, der Zahn links losgelassen und der entgegengesetzte Zahn durch die Lippe *b* arretirt; das Rad *z* ist um einen halben Zahn fortgegangen und der Flügel *A* hat sich um 45° gedreht. Wird der Strom unterbrochen, so reißt *R* den Anker *P* wieder in seine erste Lage zurück, die Hemmung *F* (Fig. 61) läßt den rechten Zahn los und arretirt den links entgegengesetzt liegenden durch die Lippe *a*, wobei sich der Flügel *A* wieder um 45° dreht und nun vertical steht, wenn er anfangs horizontal lag. Dieser Vorgang wiederholt sich so oft, als der Strom hergestellt und unterbrochen wird.

Da der Apparat zwei Uhrwerke, zwei Elektro-Magnete u. s. w., sowie zwei Flügel besitzt (Fig. 59) und jeder Flügel unabhängig von dem anderen acht verschiedene Stellungen annehmen kann, so giebt der Telegraph durch Combination der beiden Flügelstellungen 64 Zeichen, welche man noch mit Hülfe eines verabredeten besonderen Signals verdoppelt und dadurch 128 Zeichen erhält.

2. Der Zeichenmacher (manipulateur, communicateur), Fig. 62, besteht wie der Zeichengeber (récepteur, indicateur) aus zwei ganz gleichen und von einander unabhängigen Theilen, von denen ein jeder auf eines der beiden Uhrwerke des Zeichengebers wirkt. In dem Folgenden wird daher nur eine dieser Vorrichtungen beschrieben.

Fig. 62.



D ist eine feststehende, in acht gleiche Theile eingetheilte und am Umfange eingeschnittene Scheibe; *R* eine bewegliche Scheibe, in deren Vorderseite eine viereckige Rinne mit abgerundeten Winkeln eingeschnitten ist. Die durch den hohlen Cylinder *S* hindurchgehende Axe dieser Scheibe trägt vor der Scheibe *D* einen Arm *T* mit dem Handgriffe *M*; *T* hat in seinem Befestigungspunkte auf der Axe von *R* einigen Spielraum, so daß man ihn aus einer Zahnlücke der Scheibe *D*, worin er jetzt liegt, nach vorn herausziehen kann, um ihn in eine der folgenden Zahnlücken hineinzulegen; eine in der Figur schwarz gezeichnete

Feder drückt ihn beständig gegen die Scheibe *D*, damit der Griff *M* seine Lage nicht anders als durch die Hand des Telegraphisten verändern kann. Mit dem Arme *MT* dreht sich zugleich die hintere Scheibe *R* rund.

CC ist die Drehungsaxe der zwei Hebel *l* und *L*; der hintere *l* trägt an seinem Ende ein Röllchen, welches innerhalb der Rinne der Scheibe *R* liegt; an dem unteren Theile des vorderen Hebels *L* ist vermittelst einer Metallfeder ein horizontales Metallstück angebracht, welches zwischen den beiden Contactstücken *K* und *K'* hin- und hergehen kann. *K* und *K'* sind auf einem Elfenbeinstücke befestigt und daher ganz von einander isolirt; sie können durch das horizontale Metallstück zwischen *K* und *K'* nur mit *L*, *C* und den Metalltheilen des Ständers *N* in Verbindung treten.

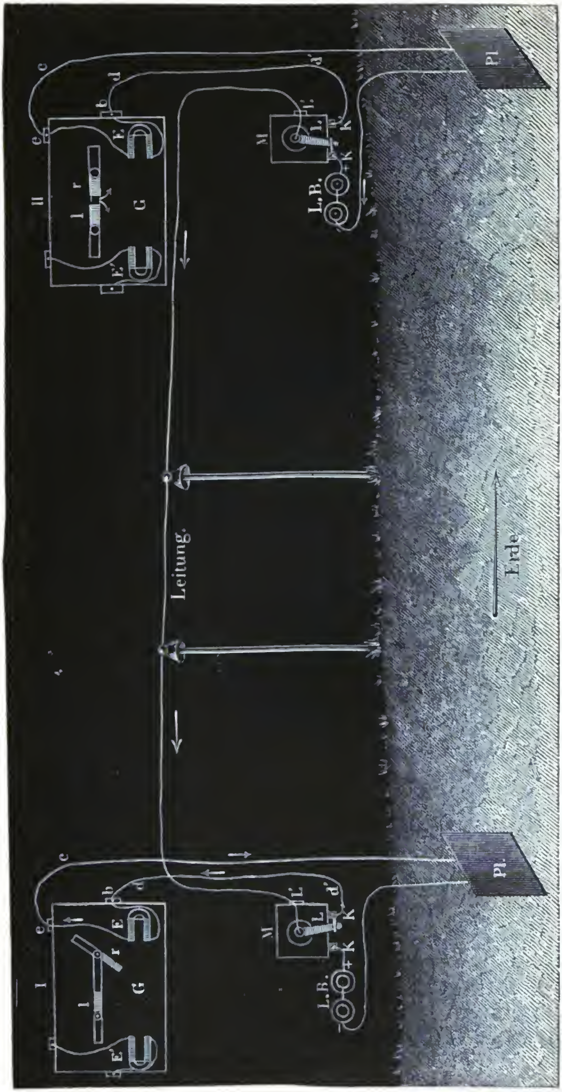
Bei der Drehung des Rades *R* gleitet die Rolle des Hebels *l* durch die Rinne, und da sie darin nach einander sich in verschiedenen Abständen von der Drehungsaxe befindet, so bewegt sie den Hebel *l* und damit auch den Hebel *L* und sein unteres Horizontalstück hin und her; letzteres kommt dabei abwechselnd mit *K* und mit *K'* in metallischen Contact.

Der Draht *l* ist der von der entfernten Station kommende Leitungsdraht; er steht durch die Klemme *L'* mit dem Ständer *N*, der Achse *CC* und dem Hebel *L* in fortwährender Verbindung; *K'* steht durch *d'* mit der Klemme *b* (Fig. 60) des Zeichengebers, *K* dagegen steht durch *h* mit einem Pole der Batterie in Verbindung.

3. Die schematische Figur 63 erläutert den Zusammenhang des Zeichenmachers und des Zeichengebers, sowie die Correspondenzweise zweier benachbarter Stationen *I* und *II*. *G* bezeichnet den Geber (Fig. 59) mit den beiden Flügeln *l*, *r*, dem Elektro-Magneten *E* und den Drahtklemmen *e* und *b*. *M* bezeichnet den Zeichenmacher (Fig. 62) mit dem vorderen Hebel *L*, dem Horizontalstück zwischen den Contactstücken *K*, *K'* und der Klemme *L'*; *LB* bezeichnet die Leitungsbatterie. Der zweite Zeichenmacher, welcher auf die linke Nadel *l* einwirkt, ist weggelassen, da er ganz auf dieselbe Weise mit *E'* verbunden ist, wie *M* mit *E*. Man sieht hieraus, daß der Telegraph zwei Leitungsdrähte zwischen *I* und *II* erfordert, indem die 4 Klemmen des weggebliebenen Zeichenmachers ebenso durch einen Leitungsdraht verbunden sind wie diese Klemmen von *M* und daß also der ganze Apparat, um die gehörige Anzahl von Zeichen zu erhalten, aus zwei identischen Theilen zusammengesetzt ist, von denen ein jeder Theil 8 Signale giebt. Alles Uebrige ist aus der Figur klar.

Im Zustande der Ruhe stehen die Flügel in *G* horizontal, wie in *II*; dem entsprechend stehen die Arme *MT* im Zeichenmacher *M* (Fig. 62) ebenfalls horizontal und zwar mit der schwarzen (in Fig. 63 weiß schraffirten) Hälfte des entsprechenden Flügels in derselben Richtung. Die horizontalen Querstücke des Hebels *L* in *M* liegen dann, wie auf *I*, leicht federnd gegen *K'* und halten die Batterien

Fig. 63.

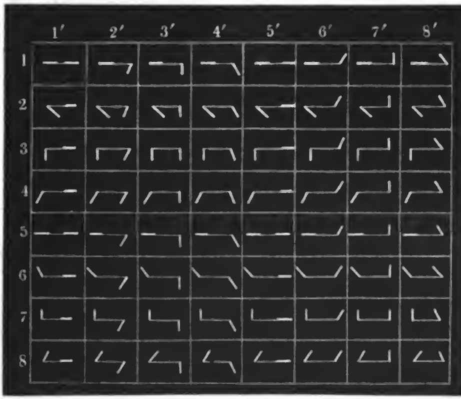


L. B. außer Schluß, da von *K* aus jede Weiterleitung für den Strom fehlt. Dagegen stellen sie für einen von der Gegenstation etwa ankommenden Strom eine nirgend unterbrochene Leitung her, in welcher die Elektro-Magnete *E* der Zeichengeber *G* eingeschlossen sind. Will eine der Stationen, z. B. *II*, eine Depesche abgeben, so giebt sie den Handgriffen des Zeichenmachers *M* diejenige Stellung, welche die Flügel des Gegenapparates auf Station *I* annehmen sollen; letztere folgen dann genau der Bewegung der Handgriffe und stellen das verlangte Signal dar. Um dieses klar aufzufassen, denke man sich auf *II* in *M* den Griff *MT* (Fig. 62) von der Ruhelage um 45° herabgedreht und in die Stellung 2 versetzt; das Rad *R* hat sich dadurch gedreht und den Hebel *L* so verlegt, daß das in der Ruhe gegen *K'* federnde Horizontalstück nun gegen *K* anliegt (Fig. 63). Augenblicklich wird dadurch ein Strom von *I* nach *II* geschickt, indem die *L. B.* auf *I* zum Schlusse kommt und in der Richtung +, *K*, *L* (*N* des Ständers) *L'*, Leitung nach *I* hin, daselbst *L'* (*N* des Ständers) *L*, *K' d' d*, *b*, Elektro-Magnet *E*, *e*, *c Pl.*, Erde nach *II* zurück, daselbst *Pl.*, — Pol der *L. B.* ihren Strom versendet. Durch den Ankeranzug von *E* auf Station *I* gelangt, wie durch Fig. 60 erklärt ist, der Flügel *r* aus der horizontalen Lage in die um 45° entfernte tiefere Stellung und steht mit der Stellung des Griffes auf *II* wieder in Uebereinstimmung. Bewegt man auf *II* in *M* den Griff abermals um ein Feld und stellt ihn auf 3, so stellt sich das Horizontalstück von *L* wieder gegen *K'*, der Strom ist unterbrochen, der Anker des Elektro-Magneten *E* fällt auf *I* wieder ab und der Flügel *r* bewegt sich mittelst des Echappementsrades (Fig. 61) wieder um 45°, nimmt also die verticale Stellung nach unten an, wie sie auch der Griff des Zeichenmachers *M* auf *II* hatte. So folgt der Flügel *r* auf Station *I* genau den verschiedenen Stellungen des Zeichenmachers *M* auf der Station *II*, und es ist verständlich, daß der zweite in der Figur nicht gezeichnete Zeichenmacher der Station *II* gerade so auf den Flügel *l* der Station *I* einwirkt, wie *M* dieses auf *r* thut. Ebenso veranlassen die Bewegungen des Zeichenmachers *M* auf *I* die verschiedenen Stellungen der Flügel *l* und *r* auf *II*, und es bleibt nur noch übrig, zu erklären, wie durch die aus den verschiedenen Flügelstellungen hervorgehenden Signale das Alphabet und die übrigen conventionellen Zeichen dargestellt werden.

4. Die Schrift des französischen Telegraphen besteht aus den in Fig. 64 enthaltenen 64 Elementen und deren 64 Verticalstellungen, also aus 128 verschiedenen Charakteren. Bei der Bildung dieser Figuren bleibt die weiße Hälfte der Flügel unberücksichtigt und nur die schwarzen (in Fig. 63 weiß schraffirten) Hälften derselben nebst der die Mittelpunkte der Flügel verbindenden Horizontallinie setzen die Figuren zusammen. Die Flügel drehen sich nach entgegengesetzten Richtungen, wie die Pfeile in Fig. 65, wo *AB* die feste Horizontale ist, dieses anzeigen. Dieselbe Figur stellt die Ruhelage der Flügel dar und hat daher

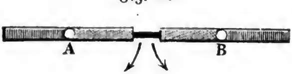
keine weitere Bedeutung, sie ist die Figur 1, 1′ in Fig. 64. Dreht sich der linke Flügel um 45°, während der rechte in seiner Lage bleibt, so entsteht aus der Horizontalen *AB* und dem Flügel *l* die Figur 2, 1′ (sie bezeichnet *a*); dreht sich dagegen *r*, während *l* stehen bleibt, so entsteht die Figur 1, 2′, welche *o* bezeichnet; dreht sich *l* um 2mal 45° und *r* um 3mal 45°, so entsteht die Figur 3, 4′, welche *s* anzeigt, u. s. w.

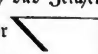
Fig. 64.



Dreht sich aber *l* um 4mal 45° oder um zwei rechte Winkel, so daß er die Verlängerung der Horizontalen *AB* bildet, während *r* stehen bleibt, so entsteht die Figur 5, 1′, welche jedesmal anzeigt, daß das folgende Zeichen in verticaler Stellung gelesen werden soll. Erscheint demnach das Zeichen

Fig. 65.



 vor 

so wird dadurch angezeigt, daß das letztere Zeichen in verticaler Stellung als

 zu lesen ist. Indem also ein jedes der in Fig. 64 enthaltenen Zeichen in verticaler Stellung umgesetzt und gelesen werden kann, treten 64 neue Signale hinzu, wodurch der Apparat außer für die Buchstaben, die Ziffern und die Interpunctionszeichen noch eine große Anzahl von conventionellen Zeichen für den Betrieb des Dienstes, für die Bezeichnung der Stationen u. s. w. übrig behält.

Die Urtheile über die Brauchbarkeit des französischen Staats-Telegra-

phen fallen verschieden aus; indessen ist nicht zu verkennen, daß der Apparat bei der großen Anzahl seiner Signale und der geringen Zeit, welche zu der Darstellung derselben erforderlich ist, bei der Versendung der Depeschen eine sehr bedeutende Geschwindigkeit bietet. Man kann damit ohne Mühe 200—250 Signale in der Minute fortpflanzen. Auch ist die Schwierigkeit, die Bedeutung der Figuren zu erlernen, dieselben auf dem Zeichenmacher rasch darzustellen oder die ankommenden Depeschen zu lesen, nicht so groß, als dieses auf den ersten Blick scheinen könnte, da die Charaktere sehr bestimmt ausgeprägt sind und unter einander in einem gewissen Zusammenhange stehen. Dadurch unterscheidet er sich vortheilhaft von dem englischen Telegraphen, mit dem er jedoch den Nachtheil gemein hat, daß zu seinem Betriebe eine doppelte Leitung nothwendig wird, die Kosten der Anlage also hoch ausfallen.

B. Die Zeiger- oder die rotirenden Telegraphen.

63. Eine zweite große Classe von elektro-telegraphischen Vorrichtungen umfaßt diejenigen Apparate, in denen ein Zeiger durch irgend welchen Mechanismus vor einer mit Buchstaben und Ziffern besetzten Scheibe rund läuft und nach der Willkür des entfernt stehenden Telegraphisten vor dem einen oder dem anderen dieser Zeichen angehalten werden kann.

Da zu einer solchen Bewegung des Zeigers ein weit zusammengesetzterer Mechanismus erforderlich ist, als zu der einfachen Ablenkung einer Magnetnadel, und insbesondere die Gleichmäßigkeit des Ganges und die fortdauernde Uebereinstimmung der Zeiger zweier correspondirender Apparate nur durch ganz eigenthümliche Einrichtungen erzielt werden kann, zugleich aber auch gut, d. h. schnell und sicher, arbeitende Zeiger-Telegraphen gegenwärtig den entschiedensten Vorzug vor allen Nadel-Telegraphen verdienen, so wird man begreifen, daß es an den mannigfaltigsten Vorschlägen zu neuen, oder an Abänderungen und Verbesserungen von bereits bekannten Zeigersystemen nicht gefehlt hat. Trotz der großen Vollkommenheit der preußischen Zeiger-Apparate sind die Bemühungen der ausgezeichnetsten Mechaniker nach dieser Richtung hin gegenwärtig noch nicht zum Abschluß gekommen.

Die Idee Davy's (57.), die elektro-magnetische Kraft mit einer Gewicht- oder Federkraft zu dem Zwecke in Verbindung zu bringen, um die continuirliche Drehung eines Rades vermittelst einer Hemmung in eine springende oder absetzende zu verwandeln, erwies sich alsbald als höchst fruchtbar. Ein Jahr später (1840) hatten diese Theile unter den Händen Wheatstone's in einem ganz neuen Signal-Apparate diejenigen praktischen Abänderungen erhalten, durch welche die elektro-magnetische Telegraphie einer neuen Entwicklungsperiode entgegengeführt wurde.

Ein solcher schon verbesserter Apparat ist bereits in §. 58 ausführlich

beschrieben worden. Daß derselbe in dieser Gestalt noch an manchen Unvollkommenheiten litt, erwies die Praxis gar bald. Die Bewegung des Communicators oder des Speichenrades (Fig. 54) erfolgte nämlich durch die Hand des Telegraphisten, und wie diese war auch der Gang des Indicators oder des Zeigers vielen Unregelmäßigkeiten unterworfen. Bald drehte der Telegraphist das Rad zu schnell, so daß der Zeiger der Gegenstation nicht folgen konnte und die Depesche in Unordnung gerieth, bald zu langsam, so daß an Geschwindigkeit verloren ging.

Die nächsten Verbesserungen waren daher darauf gerichtet, den zeichenerregenden Theil des Apparates (Fig. 54) der menschlichen Hand zu entziehen und die Bewegung desselben einem Uhrwerke zu übertragen, das den Zweck hat, mit derjenigen größtmöglichen Geschwindigkeit die Unterbrechung und Wiederherstellung des galvanischen Stromes oder überhaupt die Verrichtungen des Communicators auszuführen, welche dem Mechanismus des Indicators entspricht und durch Versuche vorher ermittelt oder nachher regulirt werden muß.

In England waren es besonders Bain, Mapple und Brown, Nott, Barlow u. A., welche Patente auf derlei Verbesserungen nahmen; aber sie alle verließen das Princip der Einfachheit, und ihre Apparate, so sinnreich auch einzelne Theile derselben waren, sind für die Praxis unbrauchbar geblieben.

Die Franzosen sind insofern glücklicher gewesen, als die Zeiger-Apparate von Breguet auf den französischen Eisenbahnlinien vielfach in Anwendung sind und sich praktisch bewähren. Ebenso haben Garnier und in der letzten Zeit Froment brauchbare Zeiger-Telegraphen ausgeführt.

Den Deutschen blieb es indessen vorbehalten, die Wheatstone'sche Erfindung auf den höchsten Grad der Ausbildung und der praktischen Anwendbarkeit zu bringen. — Fardely in Manheim, Leonhard in Berlin, Drescher in Cassel, Kramer in Nordhausen, Stöhrer in Leipzig, ganz besonders aber Siemens und Halske in Berlin haben das unbestreitbare Verdienst, die Zeiger-Telegraphen schon früh auf den höchsten Grad der Einfachheit, Geschwindigkeit, Sicherheit im Signalisiren und Leichtigkeit der Handhabung gebracht zu haben. Gegenwärtig sind die Telegraphen-Systeme von Siemens-Halske, Kramer, Stöhrer und Breguet unter allen Zeiger-Apparaten die vollendetsten; erstere finden fast auf allen Eisenbahn-Linien Deutschlands, letztere auf den französischen Bahnen Anwendung.

64. Der Zeiger-Telegraph von Siemens-Halske

besteht seinen Hauptheilen nach aus:

1) dem Elektro-Magneten mit Anker und Abreißfeder,
2) dem Rade mit Zeiger und Tastenwerke.

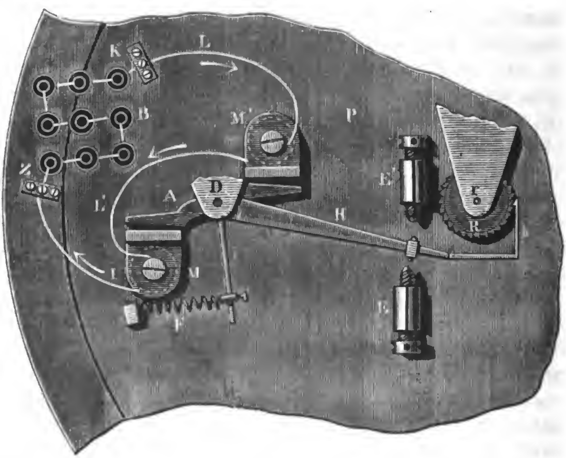
3) dem Mechanismus der Selbstunterbrechung (35.),

4) der metallenen Grundplatte zur Aufnahme und Befestigung der genannten Bestandtheile,

5) dem Telegraphenbrette zur Aufnahme der Grundplatte, des Galvanometers, der Umschaltung, der Klemmen und Verbindungsdrähte. —

Um durch Specialitäten der Construction die Uebersicht des Ganzen nicht unnöthig zu erschweren, sind dieselben in der nachfolgenden Darstellung vorläufig unbeachtet geblieben, dafür aber am Schlusse näher erörtert. In Fig. 66 der oberen Ansicht treten aus der messingenen Grundplatte *P* nur die eigenthümlich geformten Pole *MM'* des Elektro-Magneten hervor. Der An-

Fig. 66.



ker *A* hat seinen Drehpunkt in der Axe *D*, welche zwischen den Polen *M* und *M'* liegt. Mit dem Anker fest verbunden sind die beiden stählernen Arme *Hh* und *i*, so daß, wenn der Anker *A* angezogen wird, Arm *Hh* nach oben, Arm *i* dagegen nach rechts bewegt wird. An *i* wirkt die Gang- oder Abreißfeder *F* in der Richtung von rechts nach links; sie muß also bei jedem Ankerzuge überwunden werden. *E* und *E'* sind zwei durch Holz oder Elfenbeinplatten von der Grundplatte *P* isolirte Stellschrauben, welche, außer einem anderen Zwecke, der sogleich erörtert werden wird, noch den haben, die Bewegung des Hebelarmes *Hh* richtig zu begränzen. Am Ende von *h* sitzt ein Häkchen. Wird nun der Anker *A* entweder durch den Strom oder

durch den Druck des Fingers an die Pole *MM'* gelegt, bewegt sich also der Hakenarm *Hh* nach der Schraube *E'* zu, so greift das erwähnte Häkchen über und hinter einen Zahn des Rades *R*, auf dessen Axe ein Zeiger horizontal aufgesetzt ist. Wird der Anker nicht mehr angepreßt, so zieht die Feder *F* denselben von den Polen *MM'* ab, der Hakenarm *Hh* legt sich wieder an die Schraube *E*, das Zeigerrad *R* aber wird um einen Zahn von rechts nach links gedreht und der Zeiger selbst springt um ein Feld vor.

Um zu zeigen, wie dieser Ankeranzug durch den galvanischen Strom ausgeführt werden kann, stellt in Fig. 66 *B* die galvanische Batterie, *Z* deren Zink-, *K* deren Kupferpol, *L* und *I* zwei Drähte vor, von denen der erstere den Kupferpol mit dem Umwindungsdrahte von *M'*, der letztere den Zinkpol mit dem von *M* verbinden mag. Der Strom ist hierdurch geschlossen, er umkreist daher den Elektro-Magneten *MM'*, welcher für die Zeit des Schlusses seinen Anker *A* anzieht, ihn aber wieder losläßt, wenn die Kette unterbrochen wird. Ein Unterbrechen und Herstellen des Stromes würde also schon hinreichend sein, die vorhin beschriebene Zeigerbewegung auszuführen, wobei hier nach jeder Stromunterbrechung der Zeiger um ein Feld vorspringen würde. Bei dem von Wheatstone construirten Zeiger-Telegraphen, ebenso bei seinem Nadel-Telegraphen, dem Druck-Telegraphen von Morse u. A. wird die Correspondenz auch wirklich dadurch hergestellt, daß ein Beamter so oft mit der Hand den Strom herstellt oder unterbricht, als es das beziehliche Zeichen verlangt. Anders ist dies beim Siemens'schen Zeiger- und Druck-Apparate der Fall, wo, wie jetzt gezeigt werden soll, diese Arbeit durch einen besonderen im Apparate liegenden Mechanismus, die Selbstunterbrechung genannt, ausgeführt wird.

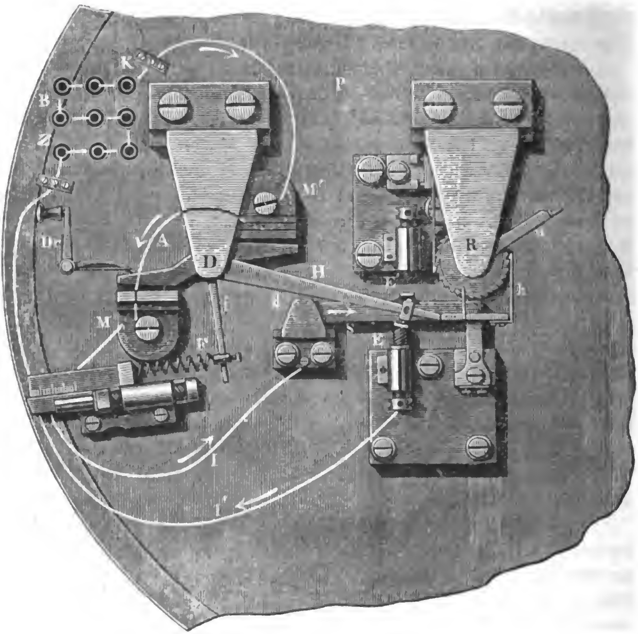
Vergleicht man mit der vorigen Figur die Fig. 67 a. f. S., so sieht man wieder die Pole *MM'* des Elektro-Magneten, den Anker *A* mit seinem Arme *Hh*, die Abreißfeder *F*, die Schrauben *E*, *E'* (mit ihren Lagerplatten) und das Rad *R*. Es tritt aber ein unter dem Hebelarme *Hh* liegender, bei *d* drehbarer isolirter Hebelarm *S* hinzu, welcher sich sowohl an die Schraube *E*, wie an *E'* legen kann und in der Figur gegen die Schraube *E* anliegt.

Dieser neue Hebelarm *S* wird der Schieber, das Schiffchen oder die Brücke genannt. Er hat gerade in der Höhe der beiden Schrauben *E* und *E'* einen stählernen Aufsatz, welcher aus zwei aufrecht stehenden Backen besteht, zwischen welchen sich mit einem gewissen Spielraume der durch zwei kleine Steinchen isolirte Hakenarm *Hh* frei bewegen kann. Der Hakenarm berührt somit nur mit seinen Steinen die Backen des Schiebers; er stößt nicht mehr gegen die Schraubenspitzen *E* und *E'*, von denen die erstere leitend ist, die letztere aber nicht.

In Fig. 67 liegt der Schieber *S* an der Schraube *E*; demnach wird der Strom von *B* aus den durch Pfeile angedeuteten Weg *KM'MIdSEIZ*

nehmen, indem er nach Umkreisung des Elektro-Magneten *MM'* durch den Draht *I* und das Fußgestell *d* des Schiebers *S* in diesen selbst und von ihm in die Schraube *E* gelangt. Der Strom ist also geschlossen, der Elektro-

Fig. 67.

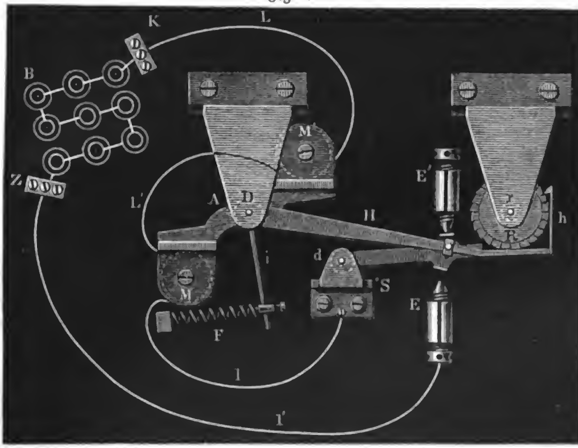


Magnet zieht den Anker *A* an und setzt den Hebelarm *Hh* in Bewegung. Bewegt sich aber der Hakenarm *Hh* vor, so durchläuft er erst ungehindert den Spielraum zwischen den Schieberbacken, stößt dann gegen die obere (hintere) Backe des Schiebers *S*, drängt in Folge dessen den letzteren von der Schraube *E* ab und unterbricht dadurch **selbst** den Strom der Batterie. Nichts desto weniger vollendet aber der Hakenarm seinen Weg noch bis zur Schraube *E'*; denn einmal treibt ihn sein Beharrungsvermögen weiter und ferner ist selbst nach unterbrochenem Strome noch immer eine bestimmte Zeit zum vollständigen Verschwinden des Magnetismus erforderlich; und endlich ist der Spielraum der Schieberbacken zwischen den

Schrauben nur sehr klein und kann nach dem Bedürfnisse ein- für allemal vollständig regulirt werden.

Die Fig. 68 zeigt diese neue Lage des Schiebers *S*, wo zwischen *E* und

Fig. 68.



S die Unterbrechung der Kette sichtbar ist. Endlich wirkt nach verschwundenem Magnetismus die Abreißfeder *F*, der Anker *A* fällt ab und der Hakenarm beginnt seinen Rückzug. Ganz wie vorhin übt er während des ersten Theiles seiner Bewegung gar keinen Einfluß auf den jetzt ruhig an *E'* liegenden Schieber. Erst in dem letzten Bewegungs-Momente legt er sich gegen die untere (vordere) Backe des Schiebers, preßt sie an die Schraube *E* und stellt so den unterbrochenen Strom selbst wieder her, der nun von Neuem den Elektro-Magneten kräftigt, aber wiederum mit dem wechselnden Ankeranzuge sich selbst unterbricht, u. s. w.

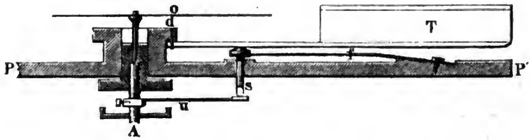
Der Schieber ist somit ein Regulator der galvanischen Kraft, ebenso wie es die Steuerung der Dampfmaschine für die Dampfkraft ist.

Bei dem in Fig. 67 dargestellten Mechanismus wird in Folge der Selbstunterbrechung und der hin- und hergehenden Bewegung des Hakens *h*, wie bereits an der Fig. 66 gezeigt wurde, der Zeiger in Einem fort umlaufen, so lange die Batterie *B* wirksam ist. Ein Stillstand kann nur durch Unterbrechung der Wirkung des Elektromotors, also der Batterie, eintreten, z. B. wenn man gleich, nachdem der Hakenarm *Hh* den Schieber *S* von der Contactschraube *E* abbewegt hat, der Strom also unterbrochen und die Batterie unwirksam ist, den ersteren in dieser Lage gewaltsam festhält, so daß die

Feder *F* nicht im Stande ist, den Schieber *S* an den Contact *E* zurückzuführen.

Letzteres wird durch das Tastenwerk bewirkt, welches aus so vielen Tasten besteht, als Zeichen auf der Zeichenscheibe stehen; die Tasten stehen im Kreise herum, den einzelnen Buchstaben und Ziffern dieser Scheibe gegenüber. In Fig. 69 ist eine Taste abgebildet. Unterhalb der Tastenscheibe *P′* befindet

Fig. 69.

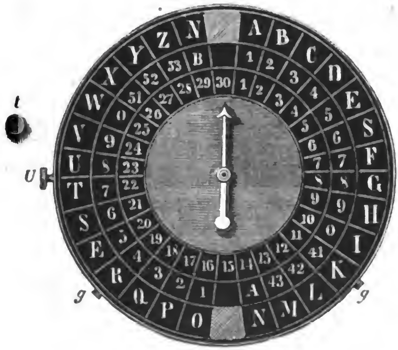


sich in gleichlaufender Richtung mit dem oberen Zeiger *o* ein zweiter *u* (in der Fig. 67 ebenfalls sichtbar), welcher also mit dem ersteren dieselben Sprünge macht und wie dieser fest an der Zeigeraxe *A* sitzt. Durch das Niederdrücken einer Taste *T*, deren Drehpunkt bei *d*, wird ein Stift *s*, der durch die Feder *f* nach oben gehalten ist, nach unten bewegt, welcher, sobald der Zeiger in seinem Laufe bei ihm angelangt ist, die Bewegung des unteren Zeigers *u* und somit auch der ganzen Zeigeraxe aufhält. Mit der Zeigeraxe stehen aber auch das Zeigerrad *R*, der Hakenarm *Hh*, sowie der Schieber *S* still, und zwar gerade dann, wenn der am Anker befestigte Hakenarm *Hh* auf seinem Rückwege nach der Contactschraube *E* hin, mitten zwischen den Schraubenspitzen *E* und *E′* sich befindet. Der Strom ist also so lange unterbrochen, als der Zeiger *u* gegen den Tastenstift *s* anhält und der Tastendruck andauert. Die Folge hiervon wird aus dem Späteren klar werden. Hört letzterer auf, so findet *u* und die Zeigeraxe kein Hinderniß mehr, sich zu bewegen, die Feder *F* tritt in Wirksamkeit, zieht den zurückgehaltenen Arm *Hh* und deshalb auch den Schieber *S* sofort wieder an *E* heran und der Zeigerlauf beginnt von Neuem. Soll der Zeiger ohne Einwirkung des galvanischen Stromes einige Felder vorbewegt werden, so geschieht dieses mittelst der Hand durch den Stößer *Dr*, Fig. 67. Der Anker *A* wird dadurch direct angedrückt. Es ist diese Vorrichtung für das Einstellen des Zeigers wichtig, und tritt dann ein, wenn durch irgend einen Umstand zwei correspondirende Apparate von einander abweichen und nicht dieselben Buchstaben angeben.

Die Fig. 70 zeigt die Zeichenscheibe; sie enthält 30 Felder, denen die mit denselben Zeichen beschriebenen Tasten gerade gegenüberstehen. Zwei von ihnen, das oberste und unterste, sind weiß gelassen, die anderen sind mit Buchstaben besetzt, wobei *E*, *S* und *N* ihrer häufigen Anwendung wegen doppelt

vorkommen. *U* ist ein aus dem Inneren des Apparates hervortretender Knopf, der am Ende des Drückers *Dr*, Fig. 67, befestigt ist und durch welchen der Telegraphist ohne Strom auf den Anker *A* von außen einwirkt;

Fig. 70.



g, *g'* sind die ebenfalls nach außen hervortretenden Dornen der zum Anspannen oder Nachlassen der Abreißfeder dienenden Schrauben (s. Fig. 67.) Die Bestimmung von *s* erhellt aus dem Folgenden. An die Tasten schließen sich noch nach innen zwei Zahlenkreise an, welche sehr verschiedentlich, je nach dem Wunsche der Besteller und nach den Zwecken des Telegraphen, ausgeführt werden. Zahlenkreis und Zeiger sind durch eine Glasplatte bedeckt. Hiernach wird es leicht sein, die Verbindung des eigentlichen Telegraphen-Apparates mit dem Wecker und den Verbindungstheilen zu verstehen. Die Fig. 71 (a. f. S.) zeigt das Innere eines vollständigen Siemens'schen Telegraphen nebst dessen Deckplatte und Klemmschrauben.

Die zum Betriebe erforderlichen zwei Elektro-Magnete befinden sich nebst den, in der Figur punktirt gezeichneten, Verbindungsdrähten unterhalb der Deckplatte in dem eigentlichen Raum des Kastens. Auf der Deckplatte sieht man noch das Galvanometer *G'*, den Schieber *S'*, die Contactfedern *R* (Ruhe), *T* (Telegraphiren) und die Drahtklemmen *Z* (Zinkpol), *K* (Kupferpol), *E* (Erddraht), *L* (Leitungsdraht).

Der Wecker-Apparat ist der einfachere Theil des Ganzen und besteht aus den in der Figur rechts vor dem Haken *h* liegenden Theilen und der Glocke *G*.

NN sind die beiden Pole eines Elektro-Magneten; seine Schenkel befinden sich unterhalb des Deckels und stehen senkrecht gegen denselben; seine

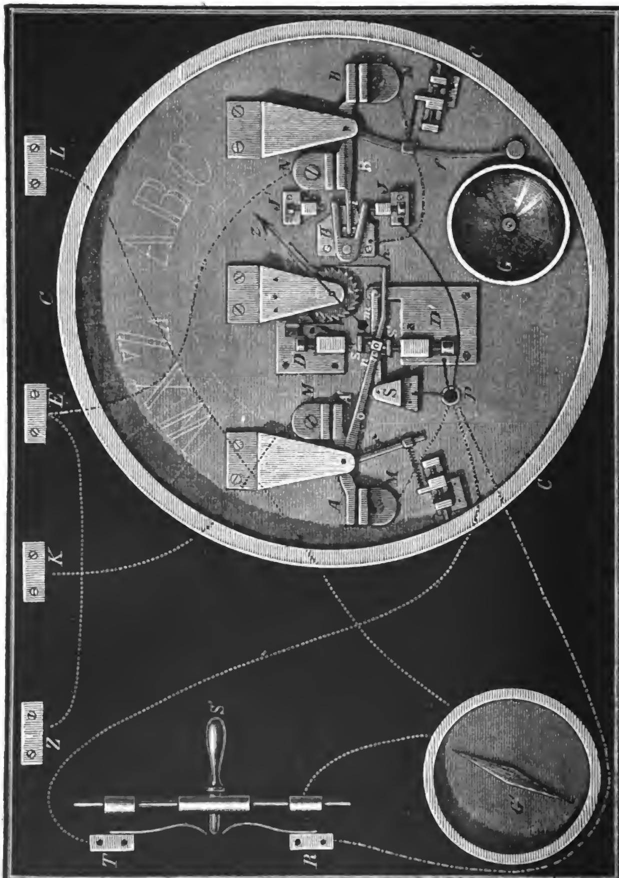


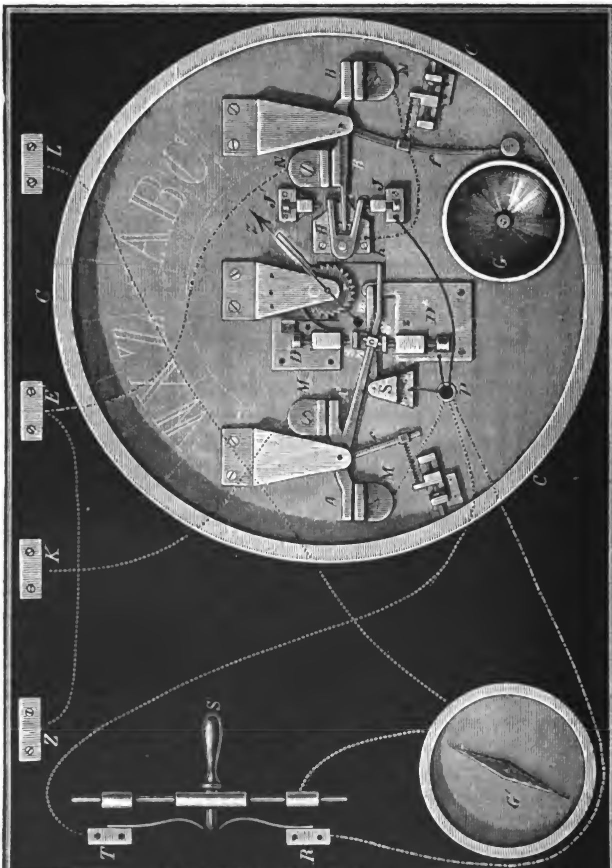
Fig. 71.

Pole gehen durch den Deckel hindurch und sind mit Kappen oder Schuhen besetzt, die sich dem hervortretenden Eisenkern an der einen Seite rund anschließen, an der anderen Seite aber in ebene Platten auslaufen, mit welchen sie auf die ebenfalls plattenförmig gestellten und durch ein ∽förmig gebogenes Eisenstück verbundenen zwei Anker *B* anziehend einwirken. Die Drehungsaxe dieses Ankers trägt zwei Führungsarme *i* und *f*, welche beide zugleich mit dem Anker hin- und hergehen. Der letztere *f* schlägt bei seiner Bewegung mit seinem klöppelförmig gestalteten Ende gegen die Glocke *G*, der erstere *i* aber liegt zwischen den zwei Schenkeln einer Messinggabel, welche sich um einen auf dem Fuße *H* stehenden Metallzapfen mit einiger Reibung hin- und herbewegen läßt. Zwei metallene Schraubenspitzen *I*, *I'* schränken diese Bewegung in eine Gränze ein, die der Bewegungsgröße des Ankers genau entspricht und daher durch Verstellen der Schrauben vor dem Gebrauche des Apparates genau regulirt werden muß. Im Ruhezustande, wo, wie die Figur zeigt, die Anker *B* von *NN* nicht angezogen sind, muß die Gabel eine solche Stellung haben, daß der untere oder vordere Schenkel durch den Arm *i* gegen die Schraubenspitze *I* leicht angedrückt wird. Der Arm *i* trägt an seinem Ende beiderseits eine Elfenbeinspitze, damit sein Metallkörper mit der Gabel nicht in Berührung komme.

Die Enden des den Elektro-Magneten bildenden Umwindungsdrahtes gehen unterhalb der Deckplatte einerseits an die Drahtklemme *E*, andererseits nach dem Fußgestelle *H*, während ein anderer, dem Wecker ebenfalls angehöriger Draht von der Lagerplatte *I* aus durch die Oeffnung *P* unter die Deckplatte tritt und hier an der Klemme und der Contactfeder *R* festgeschraubt ist.

Man denke sich jetzt den positiven Pol einer Batterie mit *Z*, den negativen mit *R* verbunden. In dem Augenblicke, wo die Batterie geschlossen wird, geht dann ein Strom von *Z* über *E* nach dem Elektro-Magneten *NN* und von dessen Umwindungsdrahte nach dem Ständer *H* und dessen Gabel. Da diese gegen die Schraube *I* anliegt, so gelangt der Strom durch die Gabel über *I* nach *R* und den negativen Pole. Der Anker *B* wird also angezogen und der Arm *i* verläßt den vorderen Schenkel der Gabel. Diese selbst aber bleibt gegen die Schraube *I* anliegend und unterhält also den Strom während der anziehenden Wirkung von *NN* gegen *B* so lange, bis *B* in die unmittelbarste Nähe von *NN* gekommen ist. In diesem Augenblick aber hat der Arm *i* den hinteren Schenkel der Gabel erreicht; er schlägt gegen ihn an und dreht die ganze Gabel nach *I'* hin; dadurch verläßt der vordere Schenkel die Schraube *I*, und es ensteht nun zwischen diesen beiden Theilen eine Unterbrechung, wie sie früher zwischen der Gabel und *I'* bestand. Eben dadurch ist für den Strom die Brücke, über welche er von *H* nach *I* gelangen konnte, aufgehoben, er kann nicht mehr

Fig. 72.



circuliren und ist unterbrochen. Der Elektro-Magnet *NN* läßt seinen Anker *B* fahren und dieser wird nebst dem Arm *i* von einer Spiralfeder, die hier auf den Klöppel *f* einwirkt, vollends in die vorige Lage zurückgezogen. In dem Augenblicke aber, wo der Anker in diese alte Lage zurückgekehrt ist, hat auch der Arm *i* durch Anschlagen an den vorderen Schenkel die Gabel wieder nach *I* verlegt und dadurch die Brücke für die Circulation des Stromes wieder hergestellt. — *NN* wirkt nun abermals anziehend auf *B* und es wiederholt sich auf diese Weise diese eben beschriebene Bewegung sämmtlicher Theile so lange, als die Batteriepole mit *R* und *Z* in Verbindung bleiben.

Bei der hin- und hergehenden Bewegung des Armes *f* schlägt sein Klöppel fortwährend gegen die Glocke *G*; die Unterbrechung und Wiederherstellung des Stromes erfolgt hierbei durch den Apparat selbst, woher sein Name Wecker mit Selbstunterbrechung.

Der Mechanismus des Zeiger-Apparates umfaßt die links von dem Haken *h* liegenden Theile: *MM* sind wieder die Pole eines ganz in der oben beschriebenen Weise construirten und aufgestellten Elektro-Magneten; *AA'* sein plattenförmig gestalteter Anker, dessen Drehungsaxe auch hier einen Arm *oh* trägt, an dessen Ende *h* ein Haken befestigt ist. Dieser greift in die Zähne eines kleinen Stahlrädchens *r* ein, welches nur nach einer einzigen Richtung drehbar ist, indem ein an der linken Seite des Rädchens auf dem Fuße *D* befestigter Sperrhaken die Bewegung nach der entgegengesetzten Richtung verhindert (vergl. Fig. 67). So oft der Arm *oh* sich nach hinten (in der Richtung von *D'* nach *D*) bewegt, holt sich *h* einen Zahn, und *r* steht still; bei der Bewegung des Armes *oh* nach vorn zieht der Haken *h* den ergriffenen Zahn mit sich fort. Durch eine anhaltende Bewegung von *oh* wird daher das Rädchen *r* nach und nach ganz herumgedreht; der Zeiger *z*, der außerhalb der Messingkapsel auf der verlängerten Axe dieses Rädchens aufgeschraubt ist, theilt dabei die Bewegung desselben und gelangt so sprungweise von einem Buchstaben zum anderen in derselben Richtung, wie sich die Zeiger einer Uhr bewegen. Außerdem ist noch ein Mechanismus vorhanden, wodurch verhütet wird, daß der Haken *h* bei jedem Gange nie mehr als einen einzigen Zahn fassen und das Rädchen *r* nicht weiter als um einen einzigen Zahn herumziehen kann.

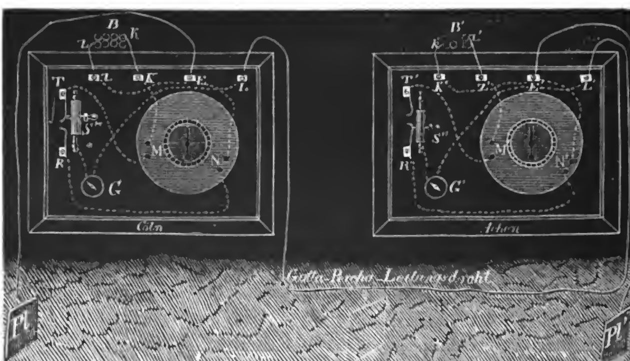
Von den zwei Enden des den Elektro-Magneten bildenden, unterhalb der Deckplatte liegenden Umwindungsdrahtes ist das eine bei *K* festgeschraubt, das andere tritt durch die Oeffnung *P* in die Messingkapsel hinein und ist auf dem Messingständer *S* festgeschraubt; ein dritter Draht geht von der Lagerplatte *D'* und durch eben dieselbe Oeffnung *P* unterhalb der Deckplatte hinweg zu der Drahtklemme *T* und deren Contactfeder.

65. Siemens' und Halske's Telegraph für zwei Stationen. Es bleibt nun noch übrig, um zu einem vollständigen Verständnisse dieses in allen seinen Theilen harmonisch construirten, wahrhaft genialen Apparates zu gelangen, die gegenseitige Verbindung eines Zeiger- und eines Wecker-Werkes für zwei Stationen zu erläutern.

Die Fig. 73 stellt zwei Apparate der vorhin beschriebenen Art dar, von denen der eine in Cöln, der andere in Aachen stehend gedacht werden mag, und in denen die Zeichnung des Mechanismus weggelassen ist; die Buchstaben beziehen sich durchweg auf die Theile der Fig. 72.

Die Anordnung der Apparate ist auf beiden Stationen durchaus dieselbe, mit alleiniger Ausnahme der Polverbindung der Batterie. Auf der einen Station (z. B. Cöln) steht nämlich die Klemme Z mit dem Zinkpol z, auf der anderen Station dieselbe Klemme K' mit dem Kupferpol k' in Verbindung. Bei E, E' sind die zu den Erdplatten *Pl.*, *Pl.'*, führenden Erddrähte, bei L, L' die Enden des Leitungsdrahtes eingeschraubt;

Fig. 73.



Z, Z' also sind die Klemmen für die Zinkpole; K, K' für die Kupferpole der Batterie. Der Schieber S' (vergl. Fig. 72) läßt sich an einer Messingstange entlang vorbeischieben, so daß seine metallene Spitze bald mit der Contactfeder T (beim Telegraphiren), bald mit R (in der Ruhe) in Verbindung steht. Für die Stellung des Schiebers zwischen den Federen T und R, wie in Fig. 72, ist kein Strom möglich. Die Drahtenden des Galvanometers G' sind einerseits mit dieser messingenen Schieberstange, andererseits

mit der Drahtklemme *L* verbunden*). In der Ruhelage stehen die beiden Schieber *S'*, *S''* auf beiden Stationen auf *R*. Bei dieser Stellung sind beide Batterien *B*, *B'* offen, denn in Aachen findet vom Pole *z'* aus über *Z'*, *M'*, *T'* hinaus keine Weiterleitung statt, und eben so trifft man in Cöln vom Pole *k* aus über *K*, *M*, *T* (im Falle *S'* auf *R* steht), offene Kette. In diesem Zustande stehen die Zeiger des Zifferblattes (Figur 70) auf dem leeren Felde.

Das Telegraphiren geschieht nun auf folgende Weise:

Gesetzt, Cöln will eine Depesche abgeben: Cöln rückt zuerst *S'* auf *T* und bringt dadurch die Cölner Batterie *B* in die Leitung; ihr Strom nimmt die Richtung vom *k* Pol aus über *K*, *M*, *T*, *S'*, *G*, *L*, Leitung *L'*, *G'*, *S''*, *R'*, *N'*, *E'*, *Pl.'*, Erde, *Pl.*, *E*, *Z*, *z* Pol. Ein näheres Verfolgen zeigt leicht, daß ein anderer Weg des Stromes oder eine Abzweigung desselben nicht möglich ist. Unter dem Einflusse des Stromes befinden sich nun:

a) der Wecker *N'* der Aachener Station, und

b) der Zeigermagnet *M* der Cölner Station.

Nun ist aber mit Rücksicht hierauf die Feder (Fig. 72) des Weckermagneten viel schwächer angespannt als die Feder des Zeigermagneten, so daß durch die Stromkraft der einen Batterie *B* der Weckermagnet seine Feder früher überwinden kann, als der Zeigermagnet die seinige. Indem aber *NN* seinen Anker *B* früher anzieht, als *MM* den seinigen (*AA*) und sofort durch die Anziehung von *B* und die Bewegung von *i* der Strom sich unterbricht, so kann der Zeigermagnet *MM* überhaupt nicht zum Anziehen seines Ankers kommen. Der Aachener Wecker ertönt daher, ohne daß der Zeiger in Cöln sich bewegt, obgleich sein Elektro-Magnet dem Strome ausgesetzt ist.

Der Aachener Telegraphist, durch das Ertönen seiner Glocke aufmerksam gemacht, stellt sofort seinen Schieber *S''* auf *T'*, und nun befinden sich die Batterien *B*, *B'*, sowie die Zeigermagnete *M*, *M'* beider Stationen in der Leitung. Die Richtung des Stromes ist dabei, wenn man von *B* ausgeht, folgende:

k Pol *K*, *M*, *T*, *S'*, *G*, *L*, Leitung, *L'*, *G'*, *S''*, *T'*, *M'*, *Z'*, *z'* *B'* *k'*, *K'*, *E'*, *Pl.'*, Erde, *Pl.*, *E*, *Z*, *z* Pol.

Demnach befinden sich die Zeigerapparate *M*, *M'* beider Stationen unter dem Einflusse eines mit den beiden Batterien *B*, *B'* erzeugten Stromes, der nun hinreichend stark ist, die Anker *A*, *A'* (Fig. 72), deren Federn gleich stark angespannt sind, zum Anklappen und die Zeiger auf der Zeichenscheibe zum Rundlaufe zu bringen.

---

*) In der Wirklichkeit befindet sich zwischen *G'* und *L* noch eine Vorrichtung, die nur beim Directsprechen, wovon weiter unten, in Anwendung kommt; für die gewöhnliche Correspondenz ist sie überflüssig.

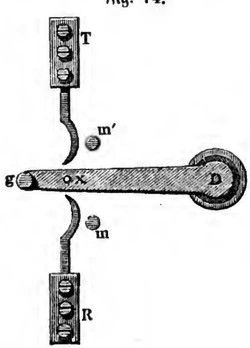
Sobald eine der beiden Stationen (Cöln) eine Taste niederdrückt, so hält der Zeiger auf dieser Station an dem dadurch eingeschobenen Stifte an, und der Strom ist zugleich, wie in dem Obigen erklärt wurde, unterbrochen. Da also kein Strom mehr vorhanden ist, muß auch der Zeiger der Aachener Station einen Moment nach dem Stillstande des Cölner Zeigers stillstehen.

Will die empfangende Station (Aachen) die arbeitende (Cöln) unterbrechen, so braucht sie nur eine ihrer Tasten, in der Regel die weiße unten oder oben (Fig. 70) niederzudrücken. Durch das Stillhalten der Zeiger erkennt dann die arbeitende Station sofort, daß eine Zwischenfrage gemacht werden soll.

Läßt nun die empfangende Station die niedergedrückte Taste wieder frei, so setzen beide Zeiger ihren Lauf wieder fort und es verwandelt sich die empfangende Station in eine arbeitende. — Nach Beendigung einer Mittheilung giebt die arbeitende Station das Zeichen *O E O* (Ende) und hierauf *O R O* (Ruhestellung), worauf jede Station ihren Schieber *S′*, *S″* wieder auf *R*, *R′* herabrückt und dadurch den Apparat in den Ruhestand zurückversetzt.

Aus dem Vorigen erhellt, daß der Siemens'sche Apparat für das Zeiger- wie für das Weckerwerk auf jeder Station nur einer einzigen Batterie bedarf. Permanent steht mit diesen beiden Theilen die Erde in Verbindung, nämlich in Fig. 73 *E* mit *N* des Weckers und durch die Batterie *zk* hindurch mit *M* des Zeigers; die Leitung *L* aber kann beliebig an das Zeiger- oder an das Weckerwerk gesetzt werden. Dieses letztere geschieht durch den Schieber *S*, der durch das Galvanometer *G* hindurch mit der Leitung *L* verbunden ist. Er setzt die Leitung an den Wecker, wenn er auf *R* gestellt wird, dagegen an das Zeigerwerk, wenn er auf *T* gestellt wird, wie die Figuren 72 und 73 dieses sofort zeigen. In den neueren Apparaten hat Halske den Schieber durch eine einen sicherern Contact herstellende Kurbel ersetzt, welche Umschalter genannt wird und in Fig. 74 abgebildet ist.

Fig. 74.



Sie besteht aus einem metallenen Kurbelarm *D g*, der unten einen kugelförmig abgerundeten Stift *x* hat, mit dem sie gegen die seitwärts angebrachten, starken, neusilbernen Contactfedern *T*, *R* angepreßt werden kann. *g* ist ein isolirender Handgriff, *m*, *m′* sind zwei kleine Aufhaltestifte. Wie in Figur 72 der Schieber *S*, wird hier die Kurbel *C* oder vielmehr ihre Drehaxe *D* durch einen Draht mit dem Galvanometer *G* in Verbindung

gesetzt. Dieser Mechanismus ist sehr sicher und bewirkt durch das starke und jedesmal blank scheuernde Gleiten des Stiftes *x* über die Federn einen innigen metallischen Contact; er hat daher auch bei anderen Mechanikern vielfache Nachahmung und überhaupt sehr häufige Anwendung gefunden.

66. **Der Ausschalter oder der Wechsel-Apparat in Verbindung mit dem Wecker von Siemens und Halske.** Diese, nach der Verschiedenheit der auf einer Telegraphenlinie operirenden Zeiger-Apparate, etwas verschieden construirten Vorrichtungen sind nur auf den Durchgangs- oder Zwischenstationen angebracht und haben den Hauptzweck, die Zeiger-Apparate der Zwischenstation aus der Leitung auszuschließen und die Enden der zwei von den beiden benachbarten Stationen einander entgegenlaufenden Leitungsdrähte zu einem einzigen Drahte zu vereinigen.

Setzen wir voraus, wie es früher, ehe die Morse'schen Apparate auf den Staatslinien in Betrieb waren, wirklich der Fall war, daß die Linie von Berlin nach Deutz (Cöln) zu Potsdam, Magdeburg, Oschersleben, Braunschweig, Hannover, Minden, Hamm und Düsseldorf Zwischenstationen habe. Jede von Berlin nach Cöln gerichtete Depesche geht dann vermittelst des Zeiger-Apparates zunächst nur bis Potsdam, woselbst sie aufgeschrieben und nach Magdeburg weiter signalisirt wird u. s. w., bis sie endlich, nachdem sie alle Zwischenstationen durchlaufen hat, von Düsseldorf nach Deutz gelangt.

Demnach hat jede Zwischenstation zwei Zeiger-Apparate, von denen der eine nur mit der vorhergehenden, der andere nur mit der nachfolgenden Station correspondiren kann. Nur auf den Endstationen ist ein einziger Apparat aufgestellt.

So wünschenswerth es nun auf der einen Seite ist, daß die Hauptstationen an den Endpunkten einer Telegraphenlinie mit möglichst vielen Zwischenstationen und diese wieder unter einander in Correspondenz treten können, so wirkt doch eine solche Einrichtung, besonders wenn nur ein einziger Leitungsdraht auf der Linie vorhanden ist, sehr nachtheilig ein auf den Flug der Nachrichten, deren Fortpflanzungsgeschwindigkeit schon durch das jedesmalige Aufnehmen und Weitergeben auf den Zwischenstationen bedeutend verkürzt wird, und sich in einem noch viel höheren Grade verzögert, wenn auf der einen oder der anderen Station der Zeiger in Unordnung kommt oder der eine oder der andere Apparat seine Dienste versagt.

Der Ausschalter dient nun dazu, beliebig viele oder alle Zwischenstationen aus der Leitung auszuschließen und die Endpunkte der Linie in directe Verbindung zu bringen. So sollen z. B. auf der Berlin-Deutzer Linie bei ausgeschalteten Zeiger-Apparaten der Zwischenstationen die von Berlin abgehenden Depeschen direct nach Deutz, oder auch umgekehrt

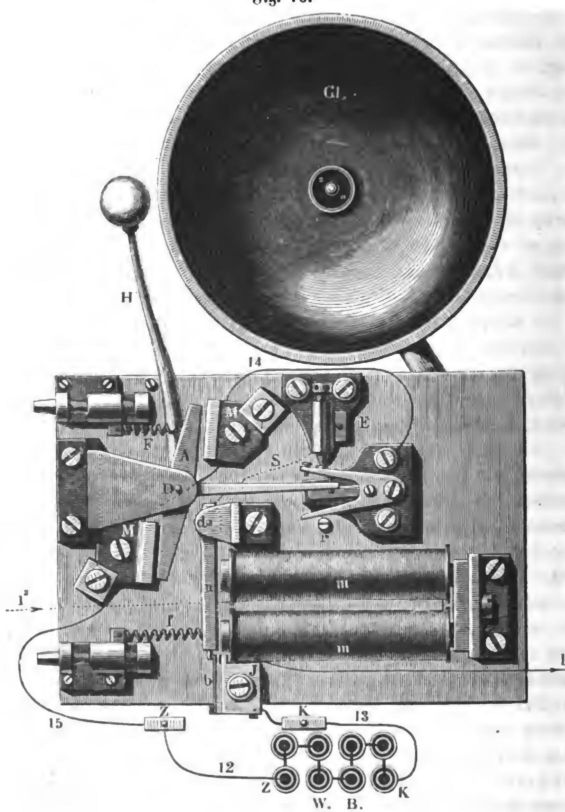
gelangen, ohne daß eine dieser Zwischenstationen etwas von diesen Mittheilungen erfahren kann.

Die Einrichtung dieses Apparates besteht aus zwei Theilen:

1. dem Wecker oder dem Glocken-Apparate, und
2. dem eigentlichen Ausschalter.

1. Der Wecker, Fig. 75, befindet sich im Inneren eines kleinen Schrankes von Mahagoniholz. Er enthält auf einer metallenen Grundplatte den Uebertrager und das Weckerwerk. *mm'* sind die Schenkel des Ueber-

Fig. 75.



trager-Magneten (s. S. 89), l^2 und l^1 die Enden des Umwindungsdrahtes. Der Elektro-Magnet liegt der Länge nach auf der Grundplatte, *a* ist sein kleiner Anker, *d* dessen Drehpunkt, *f* seine Abreißfeder. Wird in Folge eines verstärkten Stromes der Anker *a* angezogen, so drückt das bewegliche Ende desselben gegen eine Contactfeder *b*, preßt dieselbe gegen den isolirten und mit einem Pole der Weckerbatterie *W.B.* verbundenen Amboß *J* und stellt dadurch den localen Strom dieser auf den continuirlichen Wecker wirkenden Batterie her.

Man sieht sofort, der letztere ist genau so, wie er in §. 64, Fig. 71, beschrieben worden ist. *MM'* sind die Pole des Elektro-Magneten (in jener Figur durch *NN* bezeichnet), *A* der Anker, *F* die Abreißfeder, *E* das Contactlager (dort mit *J* bezeichnet), *S* der Schieber oder die Gabel, *r* ein Stift an Stelle der früheren Isolirschraube *J'*. Der Anker *a* ist durch die Grundplatte leitend mit der Contactschraube *E* verbunden, die übrigen Verbindungen der einzelnen Theile sind aus der Figur deutlich.

Geht nun ein Strom durch die Umwindungen des Uebertrager-Magneten *mm'*, der zum Anzuge des Ankers *a* hinlänglich stark ist, so wird *a* angezogen und die Feder *b* gegen den Amboß *J* gepreßt. Die Wecker-Batterie *W.B.* wird dadurch geschlossen und sendet ihren Strom in der Richtung *K*, *K*, *J*, *b*, *a*, *d*, *E*, *S* (durch die Gabel und ihr Lager), 14, *MM'* (um den Elektro-Magneten), 15, *Z*, 12, zum Zinkpol zurück.

Der Anker *A* wird angezogen, der Klöppelarm *H'* schlägt gegen die Glocke *Gl.*, welche, wie in Fig. 71, in Folge der Selbstunterbrechung so lange tönt, als der kleine Anker *a* angezogen ist.

Der Apparat befindet sich im Inneren eines Schränkchens, die Klemmen *Z*, *K* der Batterie *W.B.* sind auf der linken Seite desselben angebracht.

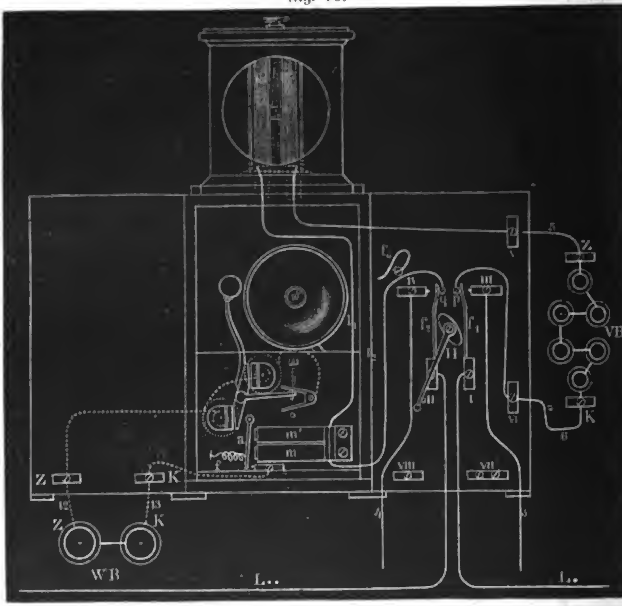
2. Der Ausschalter befindet sich außerhalb an der rechten Seite des Schränkchens und ist je nach den verschiedenen Zwecken verschieden ausgeführt. In der nachfolgenden Darstellung möge diejenige Construction beschrieben werden, welche bei den Eisenbahnen gebräuchlich ist. Er befindet sich auf den Zwischenstationen, die zwei Zeigerapparate enthalten, von denen jeder mit einer der Nachbarstationen in Verbindung steht.

I — *VIII* (Fig. 76 a. f. S.) sind Drahtklemmen, *I* und *II* nehmen die von den beiden benachbarten Stationen ankommenden Leitungsdrähte *L.* und *L..* auf; *III* und *IV* sind durch Drähte 3 und 4 mit den Klemmen *L* der zwei Zeigerapparate (Fig. 72), *V* und *VI* mit den Polen einer Verstärkungsbatterie *V.B.*, sowie *VII* mit den beiden von den *E*-Klemmen der Apparate kommenden Drähten verbunden. Die Klemme *VIII* nimmt den von den Erdplatten kommenden Erddraht auf.

Die Klemmen *I* und *II* enthalten außerdem zwei neusilberne Federn f_1, f_2, welche in freiem Zustande gegen die Contactstifte *p*, *q* federn, aber durch Um-

legung einer elliptischen Elfenbeinscheibe, welche durch eine Kurbel *H* gedreht wird, gegen die Klemmen *IV* und *III* angedrückt werden können.

Fig. 76.



Der Stift *q* ist mit dem einen Ende l_2 des den Uebertrager-Magneten *mm'* umwindenden Drahtes, der Stift *p* mit der Klemme *VI* verbunden, während das andere Ende des Umwindungsdrahtes l_1 zu einem Galvanometer hinläuft und von demselben kommend bei *V* befestigt ist.

Die beiden Klemmen *VII* und *VIII* können je nach Bedürfniß durch einen auf *VIII* aufsitzenden Hebel, wie aus den folgenden Figuren ersehen werden kann, leitend mit einander verbunden werden.

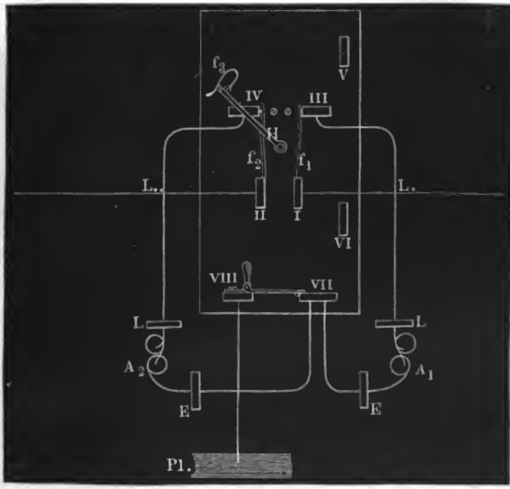
Der Ausschalter kann nun drei verschiedene Stellungen annehmen.

a. Die Stationsstellung, Fig. 77, bei welcher die Zwischenstation mit jeder Nachbarstation in Verbindung steht. Die Kurbel *H* liegt oben von der Feder f_3 gehalten, f_1 und f_2 liegen gegen *III* und *IV*, *VII* und *VIII* sind leitend verbunden.

Bezeichnen A_1 und A_2 die Zeiger-Apparate, *Pl.* die im Brunnen liegende Erdplatte, so sieht man, daß jeder derselben mit der Nachbarstation

durch die Leitungsdrähte *L.* und *L..* correspondiren kann. Ein durch *L.* kommender Strom nimmt die Richtung *L.*, *I*, *f*, *III*, *L* A_1 *E* (Fig. 72), *VII*,

Fig. 77.



VIII, *Pl.* durch die Erde nach der rechts liegenden Station zurück; ein durch *L..* ankommender Strom circulirt ebenso in derselben Richtung *L..*, *II*, f_2, *IV*, *L* A_2 *E*, *VII*, *VIII*, *Pl.* durch die Erde nach der links gelegenen Station. — Beide Apparate der Zwischenstation sind demnach in der Leitung so eingeschaltet, daß jeder einzelne mit seinem Gegenapparat verbunden ist.

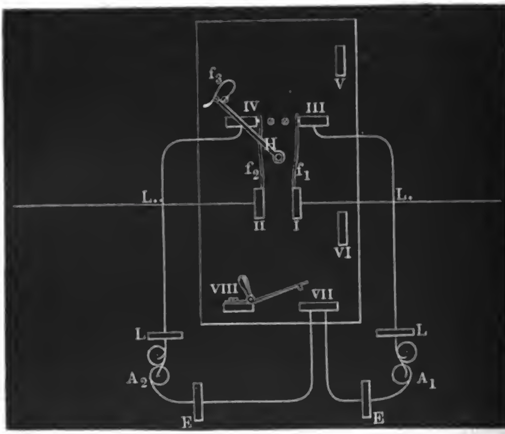
In dieser Stellung spricht z. B. Düsseldorf auf dem einen Apparate A_1 mit Deutz, auf dem anderen A_2 mit Hamm.

b. Die Circularstellung, Fig. 78 (a. f. S.), wird angenommen, wenn eine Depesche an sämmtliche Zwischenstationen abgegeben werden soll. In diesem Falle ist eine Aufnahme auf dem einen Apparate und ein Weitergeben auf dem anderen nicht nöthig, indem sämmtliche Zeiger der Linie zugleich laufen und die von der einen Station zu gebende Depesche auf allen Apparaten zugleich erscheint.

Die Klemmen *VII* und *VIII* sind von einander getrennt, sonst ist Alles wie in der vorigen Stellung. Ein durch *L.* ankommender Strom geht jetzt in der Richtung *L.*, f_1, *III* zu dem einen Apparat (*L* A_1 *E*) und über *VII* zu dem anderen (*E* A_2 *L*), um durch *IV*, f_2, *II* und *L..* zu der nächstfolgenden Station überzugehen und dort ebenfalls die Zeiger der Apparate in Bewe=

gung zu setzen. Es versteht sich aus dem Vorigen von selbst, daß die Apparate nur dann laufen, wenn ihre Schieber S (Fig. 72) auf T stehen; wo diese auf R stehen geblieben sind, wird es läuten.

Fig. 78.

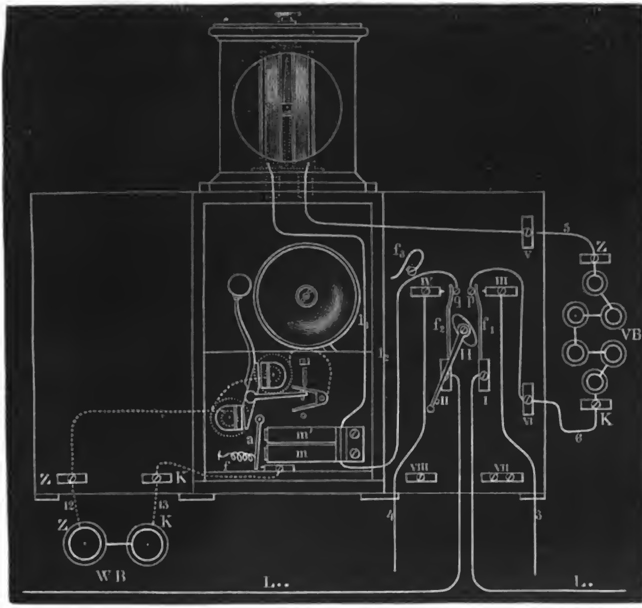


Diese Stellung wird hauptsächlich gebraucht, wenn eine und dieselbe Circularverfügung an mehrere Stationen abgehen soll, sowie beim Uhrenstellen. Im letzteren Falle laufen auf das Zeichen der Hauptstation kurz vor Mittag sämmtliche Zeigerapparate der Linie in der Circularstellung; mit dem Schlage zwölf arretirt die Hauptstation ihren Zeiger durch Unterbrechung des Stromes und in Folge dessen stehen gleichzeitig sämmtliche Zeiger der Linie still. Die Mittagszeit der Hauptstation ist dadurch angezeigt.

c. Die directe Stellung, Fig. 79, wird angenommen, wenn eine Depesche von einer Station nach einer anderen entfernter gelegenen direct gelangen soll, ohne die dazwischen liegenden Stationen durchlaufen zu müssen. Die Apparate der letzteren müssen also ausgeschaltet sein, dagegen müssen sich die Wecker in der Leitung befinden, damit auf ihnen das Ende der directen Correspondenz den Zwischenstationen angezeigt werden kann. Der große Hebel H liegt unten; die Federn f_1 und f_2 liegen an p und q. Die Fig. 79 ergiebt folgenden Stromlauf: Der Strom der Gegenstation gelangt durch $L..$ nach II, f_2, q, Uebertragungs-Magnet mm', l', Galvanometer, V, Verstärkungsbatterie $V. B.$, $VI, p, f', I, L.$ und weiter zur folgenden Station, endlich aber von der Endstation durch die Erde nach der Anfangsstation zurück. Da die zu den Apparaten führenden Drähte 3 und 4 außer der Stromlei-

tung sind, so umgeht die Depesche die unnöthigen Zwischenstationen und wird direct an den Bestimmungsort gegeben. In der Leitung kreiset während dessen der zum directen Sprechen nöthige Strom, der Sprechstrom. Derselbe versucht zwar auch den kleinen Anker *a* des Uebertragers *mm'* an-

Fig. 79.

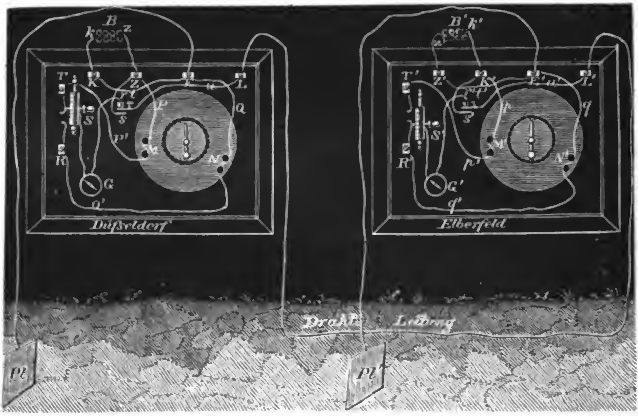


zuziehen, er ist jedoch zu schwach, den Ankeranzug wirklich auszuführen oder die Federspannung *f*, Fig. 75, zu bewältigen und man hört deshalb nur ein Pochen im Ausschalter. Ist die directe Depesche beendet und sollen die Zwischenstationen sich wieder einschalten, so erfolgt

3. das Wecken der Zwischenstationen. Behufs dieser Operation enthalten die Zeiger-Apparate eine Vorrichtung, die bisher noch unerwähnt geblieben ist und durch Fig. 80 (a. f S.) näher erläutert wird. Die Figur stellt wieder zwei zusammenarbeitende Stationen vor; Alles ist wie in der Fig. 73, nur daß zwischen dem das Galvanometer *G* und die Klemme *L* verbindenden festen Drahte, Fig. 73, eine bewegliche Vorrichtung angebracht ist. *s,s'* sind zwei metallene Plättchen, oberhalb welcher sich eine neu-

silberne Feder gegen die Contactstücke r, r' anlehnt. Diese Feder ist also für gewöhnlich von der Platte s, s' getrennt, kann aber durch einen Druck auf den außerhalb des Apparatendeckels hervorragenden Knopf t, t' (vgl. Fig. 70) von r, r' entfernt und mit s, s' in Berührung gebracht werden.

Fig. 80.



Da für gewöhnlich, so lange der Knopf t nicht gedrückt wird, das Galvanometer über r und t mit der Leitung L in directer Verbindung steht, so ist der Stromlauf der arbeitenden Apparate ganz so, wie er in dem Vorigen an der Fig. 73 beschrieben ist. Werden aber auf beiden Stationen nach einem vorher gegebenen Zeichen die Knöpfe t, t' gedrückt; so ist der Stromlauf aus beiden Batterien unter der Voraussetzung, daß beide Schieber S, S' während des Zeigerlaufes auf T, T' stehen, nun folgender:

Von B aus über den k Pol $K, E, Pl.$, Erde, $Pl.', E', Z', z', B', k', K'$ *), s', t', u', L', Leitung, L, u, t, s, Z, zum z Pol zurück.

Während sonst der Sprechstrom die Umwindungen der beiden Elektro-Magnete M, M' zu durchlaufen genöthigt ist, und dann in Folge des großen Widerstandes der feinen und langen Drahtwindung bedeutend geschwächt wird, umgeht er bei gedrückten Knöpfen diese Windungen, indem er von Z nicht über P (M) u. s. w. sonderen direct über s und u zu L gelangt. Der

*) Die Strömung von K' aus über $p, (M') p', T, S', G', r', u'$, nach L', wie sie stattfindet, so lange die Knöpfe nicht gedrückt sind, ist wegen der Unterbrechung zwischen r' und u' nicht möglich.

gewöhnliche Sprechstrom wird demnach durch das beiderseitige Niederdrücken der Knöpfe *t,t'* bedeutend verstärkt.

Wie oben bemerkt, waren beim directen Sprechen die Uebertrager-Federn (Fig. 75 und 76) so regulirt, daß ein völliger Ankeranzug zwar nicht erfolgt, jedoch ein starkes Pochen innerhalb des Weckers (Fig. 76) zu vernehmen war. Ist nun die directe Correspondenz zu Ende, so giebt die arbeitende Station das Zeichen *OKO* (d. h. Knopf), worauf beide Stationen zu gleicher Zeit ½ Minute lang die Knöpfe *t* (Fig. 70 und 80) ihrer Apparate drücken und dadurch eine so bedeutende Verstärkung des Stromes hervorrufen, daß sämmtliche eingeschaltete Uebertrager *mm'* (Fig. 79) der Zwischenstationen ihren Anker *a* anziehen und so ihre Wecker (Fig. 75) zum Tönen bringen. Nachdem das Läuten eine volle Minute aufgehört hat, nimmt jede ausgeschaltete Zwischenstation die Stationsstellung a. Fig. 77 des Ausschalters wieder an und überzeugt sich, ob sie mit ihrem Gegenapparate wieder in Verbindung ist.

Beim Directsprechen haben die Sprechströme wegen der bedeutend langen Drahtleitungen, die sie durchlaufen müssen, weit größere Widerstände zu überwinden, als beim Stationssprechen, und müssen, da ihre Batterien nur auf letzteres berechnet sind, eine künstliche Verstärkung erhalten. Aus diesem Grunde ist in der Fig. 76 die Verstärkungs-Batterie *V.B.* eingezeichnet; dieselbe wird beim Directsprechen von dem Sprechstrome auf seinem Wege $L., I, f, p, VI$, 6, K (*V.B.*) Z, 5, V, Galvanometer, $l', m\,m', l_2, q, f_2, II, L..$ u. s. w. durchlaufen und ertheilt demselben die zum Ankeranzuge des Uebertragers nöthige Verstärkung. Diese Batterie *V.B.* ist übrigens keine andere, als eine der ausgeschalteten Apparat-Batterien, deren Pole durch besondere Drähte mit den Klemmen *V* und *VI* so verbunden sind, daß der Strom der Batterie *V.B.* mit dem gewöhnlichen Sprechstrome gleichgerichtet ist. Ebenso vertritt die andere ausgeschaltete Apparat-Batterie die Wecker-Batterie *W.B.*, indem ihre Pole mit den Klemmen *Z* und *K* auf der linken Seite des Wecker-Schränkchens verbunden sind.

Es kann vorkommen, daß der Ausschalter oder der Wecker seinen Dienst versagt; in einem solchen Falle würden die Zwischenstationen das Ende der directen Correspondenz umsonst erwarten, wenn sie nicht an dem oberhalb des Weckers stehenden Vertical-Galvanometer (Fig. 76), durch welches der directe Strom hindurchgeht, und dessen Nadel also während des Directsprechens in fortwährender Schwankung ist, ein anderes Signal hätten. Die innerhalb der Drahtwindungen vertical stehende Magnetnadel trägt nämlich auf ihrer Axe einen ihr parallelen Zeiger, der auf einem in der Figur nicht gezeichneten eingetheilten Kreise spielt. Geht kein Strom durch das Galvanometer, so zeigt der Zeiger auf Null; geht aber ein Strom um die Nadel, so wird sie von dem Nullpunkte abgelenkt. Drücken nun am Ende der directen

Correspondenz die beiden sprechenden Stationen ihre Knöpfe *t, t'* (Fig. 80) $^1/_2$ Minute lang, so bleibt der Zeiger des Galvanometers $^1/_2$ Minute lang dauernd abgelenkt, welches den Zwischenstationen als Zeichen dient, daß die directe Correspondenz zu Ende ist und sie sich wieder in die Stationsstellung einzuschalten haben.

Siemens und Halske haben zuerst diese Vertical-Galvanometer für die oberschlesische Eisenbahn eingerichtet; später sind sie unverändert auch auf vielen deutschen Staats-Telegraphenlinien adoptirt worden.

67. Siemens und Halske's Telegraph für die aufeinanderfolgenden Stationen in seiner Verbindung mit dem Ausschalter. — Um von der Einrichtung und den Anwendungen des Wechsel-Apparates in seiner Verbindung mit dem Siemens-Halske'schen Telegraphen ein klares Bild zu erhalten, denke man sich auf einer Telegraphenlinie zwei Stationen, welche man als die Endpunkte der Linie ansieht, und eine beliebige Zwischenstation. Diese letztere hat dann zwei Zeiger-Apparate und einen Wechsel-Apparat, von den beiden Endstationen hat jede nur einen Zeiger-Apparat.

Um die Ideen zu fixiren, sind die folgenden Erörterungen auf die Stationen der herzogl. braunschweigischen Eisenbahn, Braunschweig und Oschersleben als Endstationen, so wie auf die dazwischen liegende Station Wolfenbüttel als Durchgangsstation bezogen.

Mit Bezug hierauf enthält die Fig. 81 für Wolfenbüttel zwei Zeiger-Telegraphen *B, O* und den darüber befindlichen Wechsel-Apparat, dagegen für Braunschweig wie für Oschersleben nur einen Zeiger-Apparat *W', W*. Von den Wolfenbüttel-Apparaten correspondirt, wie aus dem Folgenden sich ergeben wird, *B* mit *W'* in Braunschweig, *O* mit *W* in Oschersleben. Das Vertical-Galvanometer im Ausschalter ist nicht gezeichnet.

Die Drahtverläufe im Inneren der Zeiger-Apparate sind genau dieselben, wie in der Fig. 80. *M, M'* — *m, m'* sind die zum Zeiger, *N, N'* — *n, n'* die zum Wecker gehörenden Elektro-Magnete der Fig. 72. — *P, P', P''* sind die Erdplatten, *B, B'* — *b, b'* die Batterien.

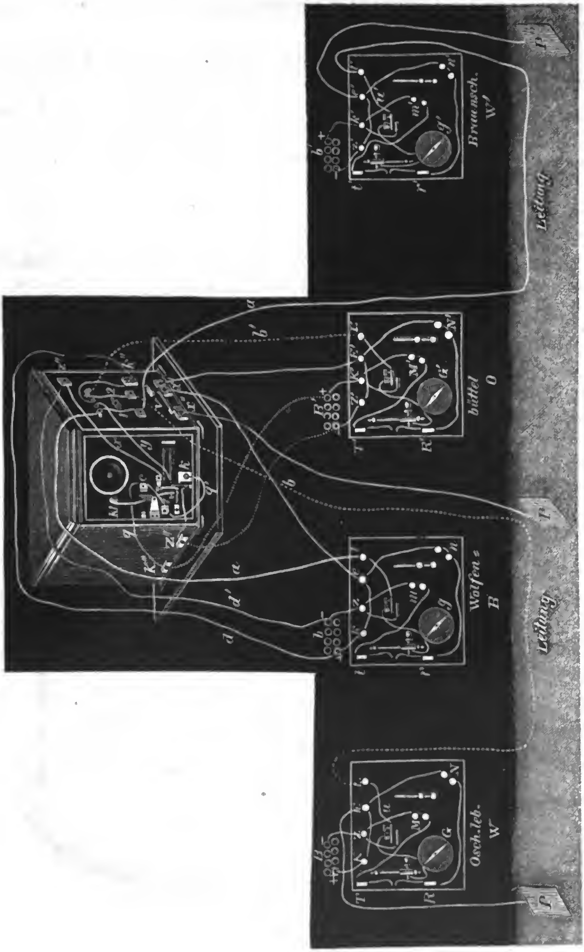
Die vordere Seite des Wechsel-Apparates zeigt bei geöffneter Thür den im Inneren des Kästchens befindlichen Glocken-Apparat der Fig. 75.

Auf der rechten Seitenwand außerhalb des Kästchens ist der Ausschalter angebracht. Derselbe hat die Construction der Fig. 76.

Von der Drahtklemme *x''* führt ein Draht nach der den beiden Apparaten *B* und *O* gemeinschaftlichen Erdplatte *P'*, während in *x'* die beiden von den Klemmen *e* und *E'* der Zeiger-Apparate *B* und *O* auslaufenden Drähte festgeschraubt sind.

Von den Batterien *b* und *B'* der Zwischenstation ist die eine *B'* als

Fig. 81.



Wecker-Batterie nach den Klemmen *K" Z"*, die andere *b* als Verstärkungs-Batterie nach den Klemmen *k" z"* abgezweigt, wie es bereits in Fig. 79 angezeigt worden ist.

Die Verbindung und der weitere Verlauf der übrigen Drähte ist aus der Zeichnung zu entnehmen. Die Leitung zwischen den zusammenhängenden Apparaten *O* und *W* ist punktirt, die zwischen *B* und *W'* etwas stärker als die übrigen Drähte angelegt.

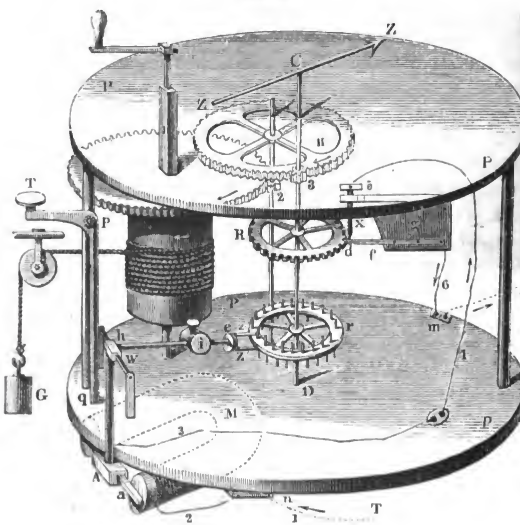
Der Wechsel-Apparat kann nun drei verschiedene Stellungen annehmen:

1. die Stationsstellung,
2. die Circularstellung,
3. die directe Stellung,

und es erhellt für jede derselben der Stromlauf, sowie die Manipulation ohne Weiteres aus dem Vorigen und aus den Figuren 72, 77, 78, 79. —

68. **Der Kramer'sche Zeiger-Apparat** ist in Fig. 82 abgebildet.

Fig. 82.



Zwischen zwei durch Pfeiler mit einander verbundenen Platinen *P, P*

dreht sich die Zeigeraxe *CD*, welche über die obere Platine hinaus bei *C* hervorragt, um den Zeiger *ZZ* zu tragen. Das Räderwerk, durch welches die Zeigeraxe umgetrieben wird, besteht aus einem Walzenrade *I*, an welchem mittelst einer Schnur ein Gewicht *G* wirkt, und aus einem Beisatzrade *II*, welches letztere in das Trieb 3 der Zeigeraxe eingreift. Die Zeigeraxe trägt in der Nähe der unteren Platine ein Stiftenrad *r*, und dieses 48 (60) stählerne Stifte und zwar 24 (30) obere, d. i. nach oben, und ebensoviele untere, d. i. nach unten gerichtete, welche abwechselnd stehen. Zwischen den Stiften des Stiftenrades liegt eine Gabel *e*, die zwei stählerne Zinken trägt, eine obere *Z''* und eine untere *Z'*. In der Zeichnung liegt jetzt die untere Zinke *Z'* zwischen den unteren Stiften und hemmt so die Umdrehung der Zeigeraxe. Die Gabel aber ist auf und ab beweglich, denn der stählerne Hebelarm *he*, an welchem sie sitzt, ist an einer der unteren Platine parallelen Welle *w*, der Ankerwelle oder Ankeraxe befestigt; und bildet mit dem an derselben Welle angebrachten Ankerarm *hA* einen um die Ankeraxe drehbaren Winkelhebel. Bewegt man diesen Winkelhebel aus seiner jetzigen Stellung (wo die Gabel hoch liegt) heraus, so daß die Gabel tief kommt, so verläßt die untere Gabelzinke *Z'* den Bereich der unteren Stifte, und die obere Gabelzinke *Z''* tritt in den Bereich der oberen Stifte ein, die Zeigeraxe mit dem Stiftenrade und Zeiger springt um ein halbes Feld weiter, wird aber vermöge der oberen Stifte und der oberen Gabelzinke *Z''* abermals arretirt. Der messingene Ankerarm *hA* geht durch eine weite Oeffnung in der unteren Platine nach unten hindurch (in der Figur geht er der Deutlichkeit wegen seitwärts vorbei), um hier den mit der Ankeraxe parallelen cylindrischen eisernen Anker *aa* zu tragen. An die untere Platine ist unterhalb der Elektro-Magnet *M* angeschraubt. Mit seinen Polflächen liegt er dem cylindrischen Anker *aa* gegenüber. Die unmittelbare Berührung zwischen dem Anker und den Polflächen ist verhindert durch Vorlagen von Neusilberblech, welche vor die Polflächen vorgelöthet sind. Wenn *M* magnetisch wird, so reißt er den Anker an sich, und hebt dadurch die Gabel; nimmt man aber durch Unterbrechung des galvanischen Stromes dem Magneten *M* wieder seine Kraft, so geht wegen der Schwere des auf dem Gabelarme verschiebbar aufgeschraubten Gegengewichtes *i* der Anker in seine alte Stellung zurück und die Gabel fällt wieder herab.

Hieraus leuchtet ein, daß man durch ein abwechselndes Schließen und Oeffnen der galvanischen Kette, in deren Kreis der Elektro-Magnet *M* eingeschaltet ist, ein Fortspringen des Zeigers bewirken könne. Einmal Schließen und Oeffnen bringt ihn um Ein ganzes Zeichen vorwärts. Die Schließung und Oeffnung der Kette in dem richtigen Zeitpunkte ist aber dem Uhrwerke selbst übertragen mittelst folgender Einrichtung:

Außer dem Stiftenrade *r* trägt die Zeigeraxe noch ein Rad *R* mit 24

(30) Zähnen und Lücken, das **Hebrad** *R* in der Nähe der oberen Platine. Eine schwache Neusilberfeder *f*, die **Schlagfeder**, drückt gegen den Rand des Hebrades und schlägt, wenn ihr vorderes mit Stahl besetztes Ende *d* in einer Lücke des Hebrades steht, auf eine gegenüberstehende Contactschraube *x*, die **Amboßschraube**, auf.

Die Figuren 83 und 84 zeigen diese Theile in nahe doppelter Größe

Fig. 83.

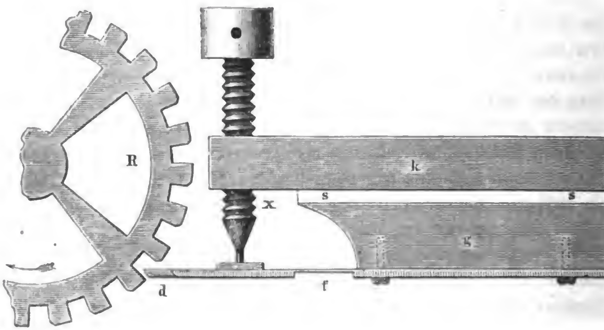
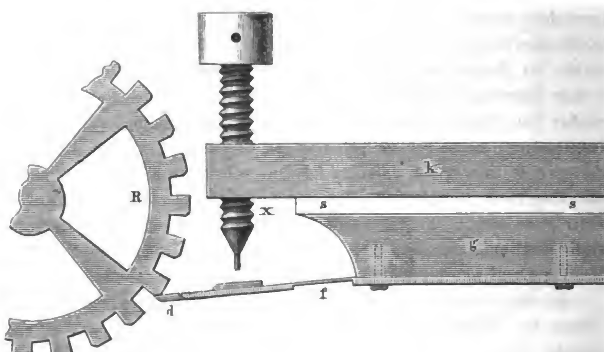


Fig. 84.



von oben gesehen, als wenn die obere Platine durchsichtig wäre. *df* ist die neusilberne Schlagfeder mit dem vorderen Stahlende *d*; bei *f* ist sie zur Er-

langung der gehörigen Schwäche dünn gefeilt. Sie ist an den Messingkloß *g* mittelst zweier Schrauben verstellbar angeschraubt; *g* selbst sitzt an der oberen Platine fest. *R* ist das Hebrad, welches sich in der Richtung des Pfeiles sprungweise dreht, wenn der Anker des Elektro-Magneten angezogen und losgelassen wird. In der Fig. 83 steht das vordere Ende *d* der Schlagfeder gerade zwischen zwei Zähnen des Hebrades, also in einer Lücke desselben, und drückt mit einem angelötheten Platinplättchen (schraffirt gezeichnet) gegen den in das vordere Ende der Amboßschraube *x* befestigten Platinstift. Wenn aber, wie in Fig. 84, das Hebrad um ein halbes Feld fortgerückt ist, so kommt die Schlagfeder auf einen Zahn des Hebrades zu stehen, biegt sich ein wenig an der dünnen Stelle *f* und es wird das Platinplättchen von dem gegenüberstehenden Platinstifte abgehoben.

Das Messingstück *k* mit der Amboßschraube *x* ist zwar ebenfalls an den Messingkloß *g* befestigt und dadurch in unveränderlicher Stellung; aber es findet zwischen *k* und *g* keine metallische Berührung statt, vielmehr ist *k* von *g* durch ein zwischenliegendes Elfenbeinplättchen *s s* isolirt.

Denkt man sich nun den Elektro-Magneten (Fig. 82) in seinem natürlichen unmagnetischen Zustande, den Anker *aa* also nicht angezogen, Hebrad, Schlagfeder und Amboß in der Stellung der Fig. 83 und nun eine galvanische Batterie zwischen *T* und *L* eingeschaltet, so wird der Strom z. B. in der Richtung *T*, 1, *n*, 2, Drahtwindungen des Elektro-Magneten *M*, 3, 4, 5, *x*, *d*, *f*, 6, *m*, 7, *L*, wie die Pfeile es andeuten, circuliren, der Elektro-Magnet also Ziehkraft erhalten und den Anker *a* anziehen, die Gabel sich heben, die Zeigeraxe um ein halbes Feld fortspringen und es müssen Hebrad, Schlagfeder und Amboß in die Stellung der Fig 84 gerathen. Wegen der nunmehr eingetretenen Trennung zwischen *x* und *d* ist aber jetzt der Strom unterbrochen. Daher muß nun wieder der Elektro-Magnet seine Ziehkraft verlieren, der Anker muß vermöge des Gegengewichtes *i* den Elektro-Magneten verlassen, die Gabel fällt herab, die Zeigeraxe springt abermals um ein halbes Feld weiter; die Schlagfeder *d* schlägt von dem Zahne des Hebrades ab und legt sich wieder gegen den Amboß *x*, wodurch die Kette wieder geschlossen wird und dasselbe Spiel von Neuem beginnt. Es muß daher die Zeigeraxe *C* mit dem Zeiger *ZZ* ohne Aufhören umlaufen.

Läßt man den Strom, nachdem er den Apparat verlassen, durch einen zweiten eben solchen und so noch durch eine Reihe folgender Apparate hindurchgehen und dann erst nach der Batterie zurückkehren, so werden die Apparate, wenn sie gehörig regulirt sind und der Strom hinreichende Stärke besitzt, alle gleichzeitig umlaufen, und es wird keiner von dem anderen abweichen.

Waren die Zeiger, ehe der Umlauf beginnt, alle auf dasselbe Zeichen des Zifferblattes eingestellt, und hemmt man, wenn sie alle in dem Bewe-

gungszustande Fig. 84 sich befinden, an irgend einem einzigen derselben durch eine mechanische Vorrichtung die fernere Umdrehung der Zeigeraxe, so ist und bleibt der Strom wegen der Trennung der Kette zwischen *d* und *x* unterbrochen. Zwar kehren alsdann bei allen Apparaten ohne Ausnahme die Anker in ihre vom Magneten entfernte Lage zurück, und bei allen übrigen Apparaten (nur nicht bei dem genannten einzelnen) wird der Zustand Fig. 83 hergestellt, so wie die Zeiger auf die Mitte desselben Buchstaben zeigen; allein der galvanische Strom ist dennoch unterbrochen, weil bei dem einen arretirten Apparate *d* und *x* getrennt bleibt; auch zeigt bei diesem einzelnen Apparate der Zeiger noch nicht ganz auf die Mitte des Feldes. Läßt man darauf den arretirten Apparat wieder frei, so holt zunächst das Hebrad den geringen (von allen übrigen schon zurückgelegten) Weg nach; dadurch gelangt auch hier die Schlagfeder von dem Hebzahn auf den Amboß *x* und nun laufen sogleich wieder alle zusammen weiter.

Die so eben vorausgesetzte Arretirung wird nun vermöge des Tastenwerks an jedem beliebigen Apparate und bei jedem Felde des Zifferblattes in ähnlicher Weise bewirkt, wie dieses bei dem Siemens'schen Telegraphen bereits erklärt wurde. Wird eine Taste gedrückt, so erhebt sich ein Stift über die Oberfläche des Zifferblattes unmittelbar der Taste gegenüber, gegen welchen der Zeiger anläuft.

Ein sehr nützlicher, ja unentbehrlicher, aber auf das Wesen der ganzen Einrichtung keinen Einfluß ausübender Theil des Apparates ist noch zu erwähnen, nämlich ein Drücker *Tpq* (Fig. 82), in Form eines Winkelhebels um *p* beweglich, welcher dazu dient, ohne galvanische Kraft auf mechanischem Wege den Anker an den Magneten anzudrücken und so allmählig den Zeiger von Feld zu Feld weiter zu bringen.

Hiernach kann die Aufstellung zweier Apparate, welche zusammen arbeiten sollen, keine Schwierigkeit mehr machen. Fig. 85 giebt die schematische Darstellung zweier Kramer'scher Zeiger für die beiden Stationen *I* und *II*.

Auf dem Telegraphenbrette ist unten der Zeiger-Apparat mit dem Zifferblatte eingelassen; der innere Mechanismus ist nach Fig. 82 bloß angedeutet.

Die Contactkurbel *C* kann nach Belieben mit der Metallfeder *R* (Ruhe) und der *T* (Thätigkeit) in Verbindung gesetzt werden. *W* ist ein kleiner Wecker, dessen Elektro-Magnet ganz nach Siemens'scher Construction eingerichtet ist. Die verticale Axe des Ankers trägt unterhalb des Telegraphenbrettes an einem längeren Hebelarm einen Klöppel, welcher gegen ein kleines Glöckchen schlägt, so oft der Anker des Weckers zum Anzuge kommt. Wenn der Strom nicht durch den Wecker circulirt, zieht eine Spiralfeder den Anker von dem Magnetpole zurück. *G* bezeichnet ein Galvanometer; *E* die Klemme

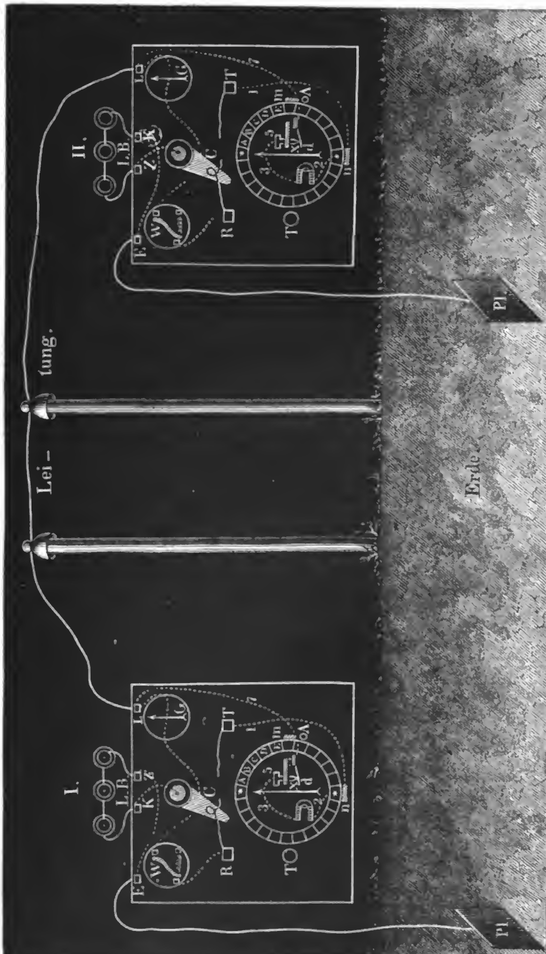


Fig. 85.

für den Erddraht, *L* für den Leitungsdraht, *K*, *Z* für die Batterie-Pole. Die übrigen Verbindungen sind aus der Figur ersichtlich. Auf beiden Stationen ist die Aufstellung mit Ausnahme der Batterie-Einschaltung genau dieselbe.

Im Ruhezustande stehen die Kurbeln *C* überall auf *R*. Die Batterien sind dann geschlossen, die Wecker befinden sich im Strome, die Sprech-Apparate sind ausgeschlossen.

Der Strom circulirt von *I* aus in der Richtung *K, C, R, W, G, L*, Leitung nach *II*, in *II* weiter über *L, G, W, R, C, Z*, (*L. B.*), *K, E* in die Erde, durch die Erde nach *I* zurück und in *I* wieder über *Pl. E* nach dem *Z*-Pole zurück. Will Station *I* nach *II* sprechen, so rückt sie die Kurbel *C* zwischen *R* und *T*, unterbricht dadurch den Strom und bringt die Anker der Wecker-Magneten zum Abfall. Indem *I* die Kurbel so oft mal nach einander gegen *R* stößt, als Glockenschläge zu der Bezeichnung der zu rufenden Station reglementsmäßig vorgeschrieben sind, stellt *I* den Strom ebenso oft mal wieder her und verursacht dadurch die bestimmte Anzahl von Glockensignalen. Dieses Aufrufen der Gegenstation geschieht einige mal hinter einander *).

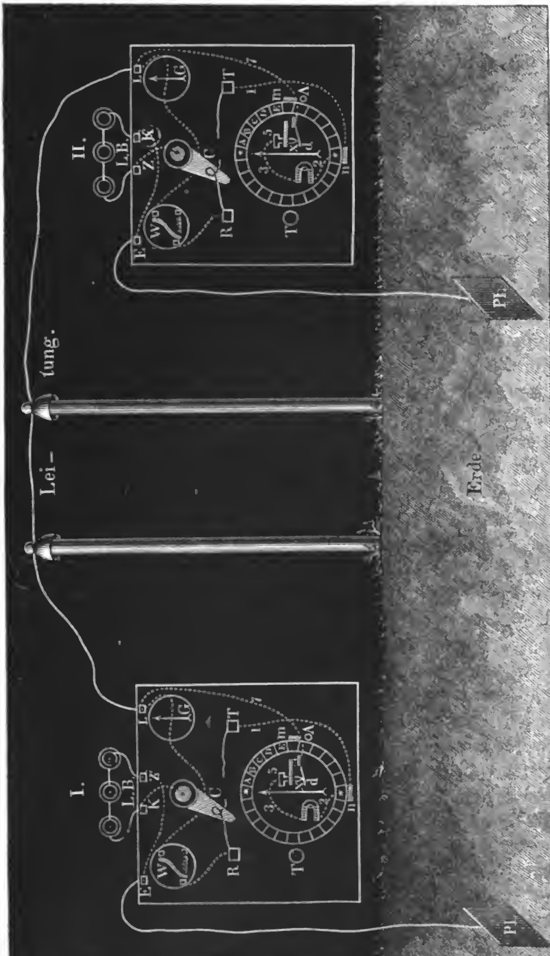
Die gerufene Station *II* rückt sodann ihre Kurbel auf Unterbrechung (zwischen *R* und *T*); die rufende *I* erfährt durch das Galvanometer sofort die Stromunterbrechung und die Anwesenheit der Station *II*, worauf dann beide ihre Kurbeln *C* auf *T* rücken. Erst wenn beide Kurbeln diese Stellung haben, fangen die Zeiger-Apparate ihren Lauf an und setzen denselben, wie oben beschrieben, so lange fort, bis eine der Stationen eine Taste niederdrückt.

Der Sprechstrom hat von *I* aus folgende Richtung: *K, C, T*, 1, *n*, 2, Elektro-Magnet, 3, 5, Amboß *x*, *d* Feder, *m*, 7, *L*, Leitung nach *II*, hier über *L*, 7, *m*, *d*, *x*, 5, 3, Elektro-Magnet, 2, *n*, 1, *T, C, Z*, (*L. B.*), *K, E*, Erde, durch die Erde nach *I* zurück und hier über *Pl.*, *E* zum *Z*-Pol zurück. Beide Batterien *L. B.* senden ihren Strom in derselben Richtung durch die Leitung und die Sprech-Apparate und diese treten also in der oben bezeichneten Weise in Thätigkeit. Ist die Unterredung zu Ende und hat Keiner mehr Etwas zu sagen, so greift derjenige, welcher zuerst gerufen hat, *EE*✱ (Ende), der Andere wiederholt *EE*✱, beide greifen nun die obere Taste ✱ und gehen nicht eher von der Taste weg, bis die Zeiger dagegen anhalten und die Kurbel *C* wieder auf *R* gestellt ist.

---

*) Um diese zum Aufrufe nöthigen abgemessenen Berührungen auf eine bequemere Weise zu machen, als es durch Anstoßen von *C* gegen *R* geschehen kann, ist an der rechten Seite des Sprech-Apparates ein Drücker *t* angebracht; dieser stößt, wenn er niedergedrückt wird, gegen eine untergestellte Schraube. Der Drücker *t* selbst steht mit *C*, die Schraube mit *R* in leitender Verbindung. Diese Leitungen sind in der Figur als unwesentlich nicht verzeichnet worden.

Fig. 86.



Für das Bedürfniß des Eisenbahndienstes ist es in der Regel das Vortheilhafteste, 4 bis 5 Stationen zu einem einzigen Kreise zu vereinigen, so daß jede der eingeschlossenen Stationen mit jeder anderen desselben Kreises nach erfolgtem Aufrufe durch eine bestimmte Anzahl Glockenschläge in unmittelbare Unterredung treten kann. Dieser Aufruf wird zwar von allen eingeschlossenen Stationen vernommen, aber nur von derjenigen beachtet, welcher es gilt, während die übrigen nur nachzuzählen und sich zu überzeugen haben, daß sie nicht gemeint sind. Wenn nun zwei Stationen in Unterredung befindlich sind, so haben diese ihre Kurbeln C auf T, alle übrigen aber auf R stehen. Bei diesen geht daher der Strom durch den Wecker-Magneten, ohne daß seine Glocke deshalb ertönte; denn der Anker desselben ist schwerfällig, und außerdem kann durch eine stellbare Feder erreicht werden, daß derselbe bei dem während des Sprechens stattfindenden schnellen Wechsel von Strom und Stromunterbrechung sich nicht im Geringsten bewegt. Auch kann auf ein besonderes Zeichen jede der eingeschlossenen Stationen ihren Sprech-Apparat anstatt des Weckers einrücken, wodurch Nachrichten an alle Stationen zugleich befördert werden.

Es bedarf kaum der Bemerkung, daß nach vorgängiger Benachrichtigung der Endstation des ersten Kreises (welche zugleich wieder Anfangsstation des zweiten Kreises und deshalb mit zwei Apparaten versehen ist) durch den daselbst befindlichen Beamten der erste mit dem zweiten zu einem einzigen größeren Kreise vereinigt werden kann u. s. w.

Die Stromstärke, welche für gewöhnlich angewandt und auch während des Zustandes der Ruhe im Leitungsdraht erhalten wird, reicht vollkommen aus, außer der gewöhnlichen Anzahl der in einem Kreise befindlichen Apparate noch einen tragbaren, dem Eisenbahnzuge mitgegebenen, in Bewegung zu setzen. Letzterer wird zu dem Ende in der nächsten Wärterbude, durch welche der Leitungsdraht zu diesem Zwecke hindurchgeführt ist, in die Leitung eingeschaltet, und so wird es möglich, von jeder Stelle der Bahn aus zunächst mit jeder Station des betreffenden Kreises, dann aber auch mit jeder beliebigen Station der ganzen Linie überhaupt zu correspondiren.

Endlich dient ein und derselbe Leitungsdraht in der Regel dazu, die in den Bahnwärterhäusern aufgestellten Glocken-Schlagwerke durch einen verstärkten Strom auszulösen. Der verstärkte Strom wird durch gleichzeitiges Niederdrücken der Läuttasten auf den beiden Stationen, zwischen welchen die Glockensignale ertönen sollen, hervorgebracht. Durch dieses Drücken wird die Kraft aller auf den betheiligten Stationen befindlichen galvanischen Elemente und, wo es nöthig wird, noch der Reserve-Elemente für einen Augenblick nach der gewünschten Seite des Leitungsdrahtes dirigirt, um dadurch die Anker aller eingeschalteten, auf die Glockenwerke wirkenden Elektro-Magnete gleichzeitig zum Anzuge zu bringen, das Schlagwerk auszulösen und die

erforderliche Anzahl von Glockenschlägen als Signale für die Abfahrt des Zuges zu bewirken.

C. Die Druck-Telegraphen.

1. Der Morse'sche Telegraph ohne Uebertrager.

69. Neben den Namen Steinheil und Wheatstone steht der Name Morse in den ersten Reihen der Begründer der elektrischen Telegraphie. Fünf Jahre früher, als Wheatstone ein Patent auf seinen ersten, mit sechs Drahtleitungen versehenen Nadeltelegraphen nahm, im October des Jahres 1832, kam Morse auf einer Reise, die er mit dem Packetboote Sully von Europa nach Amerika machte, zuerst auf die Idee, die Eigenschaften eines Elektro-Magneten zur Telegraphie zu verwenden. Die ersten Entwürfe Morse's mußten als unpraktisch aufgegeben werden; er versuchte nach einander die 26 Buchstaben des Alphabetes durch 26, dann durch 6 — 3 Leitungsdrähte hervorzubringen und gelangte endlich nach vielen mühseligen und kostspieligen Untersuchungen dahin, daß er sämmtliche Zeichen, Buchstaben, Ziffern und andere convenable Signale bloß mit einer einzigen Drahtkette, also mit zwei Leitungsdrähten, auf eine höchst einfache Weise mittheilen konnte.

Die Einrichtung eines solchen Apparates wurde im September des Jahres 1837 bekannt gemacht, und von dieser Zeit an erstanden in Amerika rasch nach einander die großartigsten und ausgedehntesten elektrischen Telegraphenlinien, die fast alle mit Apparaten der Morse'schen Construction ausgerüstet wurden. Sie erfordern seit Steinheil's Entdeckung nur eine einzige Drahtleitung, da die eine Hälfte der Drahtkette durch das feuchte Erdreich vertreten wird.

In der neueren Zeit haben die Morse'schen Telegraphen auch in Europa, zwischen Hamburg und Cuxhaven, Bremen und Bremerhaven, in Preußen, Oesterreich, Baiern, Hannover, in der Schweiz, Holland u. a. vielfach Eingang gefunden, nachdem ihrem Mechanismus durch Siemens und Halske in Berlin, E. Stöhrer in Leipzig, Steinheil, Nottebohm, Hipp u. A. eine größere Vollendung zu Theil geworden ist.

70. **Der Telegraph von Morse** giebt nur zwei Elementarzeichen, einen Punkt und eine gerade Linie, welche der Telegraphist durch eine einfache Handbewegung in beliebiger Reihenfolge und mit sehr großer Geschwindigkeit nach einander zu entwickeln vermag. Diese Zeichen werden auf der entfernten Station einem sich abwickelnden Papierstreifen ein-

geprägt und repräsentiren einzeln, oder zu 2, 3, 4, 5, 6 combinirt, die Buchstaben und die Ziffern. In seiner einfachsten Gestalt besteht der Telegraph Morse's außer den Batterien und dem Leitungsdrahte aus zwei Theilen:

1) dem Schreib-Apparate oder dem Räderwerke, und

2) dem Schlüssel.

Der Schreib-Apparat ist in Fig. 87 abgebildet. *b*, *b* sind die Schenkel des Elektro-Magneten, die mit vielen Windungen eines feinen, gut isolirten Kupferdrahtes umwickelt sind; der eiserne Kern steht aus den Drahtrollen etwas hervor. Ueber diesem Kerne befindet sich an dem einen Ende eines zweiarmigen Hebels der eiserne Anker *cc*, das andere Ende dieses Hebels trägt einen stählernen Stift *d*, welcher bei jedem Niedergange des Ankers *c* gegen einen Papierstreifen gedrückt wird, den ein Uhrwerk mit gleichförmiger Geschwindigkeit an ihm vorbeizieht. So oft ein Strom durch die Drahtwindungen des Elektro-Magneten geleitet wird, zieht dieser den Anker *cc* an und preßt den Stift *d* gegen das Papier; wird der Strom unterbrochen, so verliert der Elektro-Magnet seine Anziehungskraft und die Abreißfeder *f*, welche an den Seitenarm des Hebels *d* wirkt, zieht den Stift *d* wieder herab.

Das rechte Ende *d* schlägt bei seinem Niedergange auf eine Schraube an, bevor der Anker *cc* mit dem Eisenkerne des Elektro-Magneten in Berührung gekommen ist, weil nach vorgängiger vollkommener Berührung zwischen dem Anker und dem Elektro-Magneten letzterer den Magnetismus nicht vollständig wieder fahren läßt, vielmehr einen Rest davon zurückbehält, der dann zu Störungen mancherlei Art Anlaß giebt.

Das Uhrwerk ist ein gewöhnliches Laufwerk, welches durch ein herabsinkendes Gewicht in Bewegung gesetzt wird, und durch ein System von Rädern eine messingene Walze *h* in eine gleichförmige Drehung versetzt. Dicht über dieser Walze liegt eine zweite *ii*, welche vermittelst zweier Druckfedern gegen die untere Walze angepreßt und daher durch Reibung an der unteren Walze mitgedreht wird. Beide Walzen drehen sich in entgegengesetzter Richtung und schieben, wenn sie in Bewegung sind, einen von einer Rolle herkommenden Papierstreifen zwischen sich hindurch.

In der Mitte der oberen Rolle *i* befindet sich genau über dem Stahlstifte *d* eine schwache Rinne, von welcher ein Theil noch in der Figur sichtbar ist, so daß der Stift bei seinem Aufsteigen den Grund dieser Rinne erreicht.

Die Kurbel *n* dient dazu, das Räderwerk zu arretiren; in der Ruhelage hält sie einen kleinen Hemmschuh gegen die Axe des letzten Rades und hält dadurch das ganze Werk still; wird sie umgelegt, so schlägt sie den Hemmring zurück und das frei gewordene Werk setzt sich in Bewegung.

Die Signale bestehen, wie bereits gesagt, aus Gruppen von Punkten und Strichen. Sobald nämlich ein galvanischer Strom durch die Drahtwindungen des Elektro-Magneten *bb* hindurchgeht, wird der Anker *c* ange-

zogen, der Stahlstift *d* geht in die Höhe, drückt gegen den Papierstreifen und macht in denselben gegen die Rinne der Walze *i* eine Vertiefung, einen Punkt. Wenn der Strom unterbrochen wird, hört auch die Anziehung des Magneten auf und die Feder *f* zieht den Schreibstift *d* zurück.

Dauert der galvanische Strom nur einen Augenblick, so macht der Stift

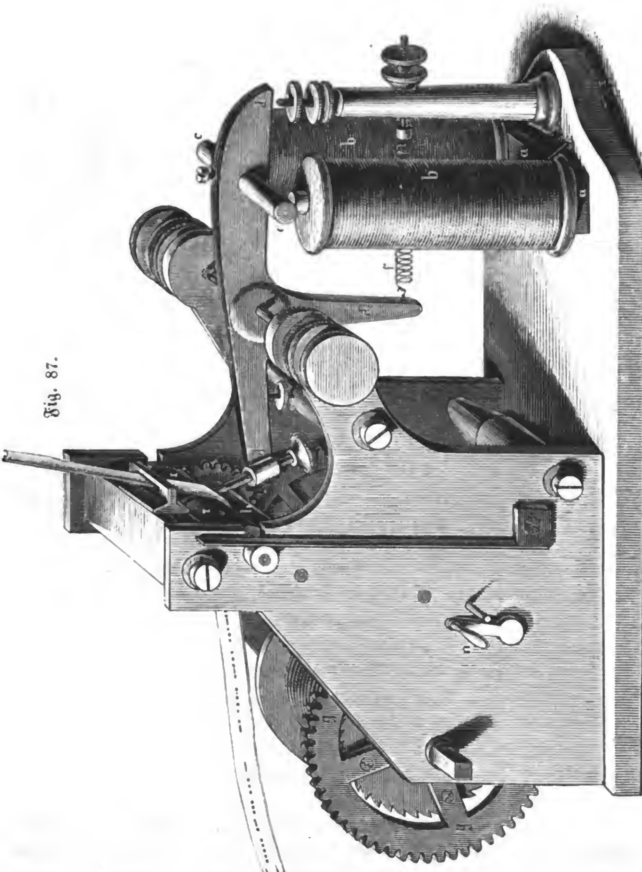


Fig. 87.

d einen **Punkt**, dauert er länger an, so entsteht eine **Linie** auf dem sich bewegenden Papierstreifen. Unterbricht man den Strom für eine Weile und stellt ihn darauf wieder her, so entsteht eine **Lücke** zwischen den Eindrücken des Papiers. Aus Punkten und Strichen ist nun das ganze Alphabet zusammengesetzt und zwar das im ganzen deutsch-österreichischen Telegraphen-Vereine übliche wie folgt:

a. Die Buchstaben.

. —	— . . .	— . — .	— — — —	— . .	.	. . — .	— — .	. . . .
a	b	c	ch	d	e	f	g	h

. .	. — — —	— . —	. — . .	— —	— .	— — —	. — — .	— — . —
i	j	k	l	m	n	o	p	q

. — .	. . .	—	. . —	. . . —	. — —	— . . —	— . — —	— — . .
r	s	t	u	v	w	x	y	z

. — . —	— — — .	. . — —
ae	oe	ü

b. Die Ziffern.

1 . — — — —	6 — . . . .
2 . . — — —	7 — — . . .
3 . . . — —	8 — — — . .
4 . . . . —	9 — — — — .
5	0 — — — — —

c. Die Interpunktionszeichen.

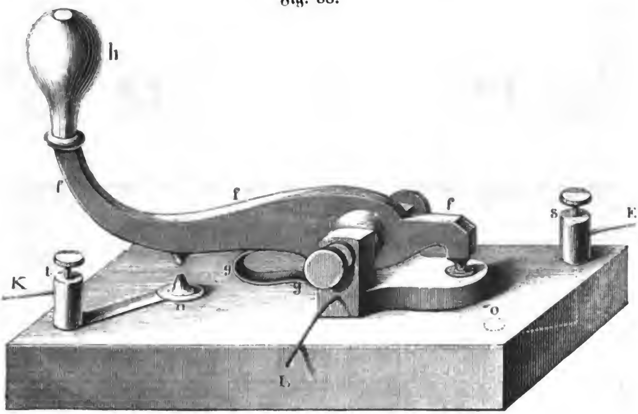
.	. . . . . .	Punkt,
;	— . — . — .	Semikolon,
,	. — . — . —	Komma,
:	— — — . . .	Kolon,
?	. . — — . .	Fragezeichen,
!	— — . . — —	Ausrufungszeichen,
=	— . . . . —	Gleichheitszeichen,
'	. — — — — .	Apostroph,
/	— — — — — —	Bruchstrich.,

Als das beste Material für den Schreibstift hat sich nach vielen Versuchen ein aus dem härtesten Stahl angefertigter Stift erwiesen. Er stumpft nicht ab und bedarf daher keiner Nachschärfung oder Regulirung; er bedarf

ferner keinerlei Reinigung, wie dieses mit den verschiedenen zur Anwendung gekommenen Dintenfedern der Fall war. Einmal gehörig geschärft und gestellt, macht er die Eindrücke in das Papier, ohne dasselbe zu zerreißen, scharf genug, um leicht erkannt zu werden.

Das abwechselnde Schließen und Oeffnen der Batterie geschieht durch eine besondere Vorrichtung, welche Schlüssel genannt wird und in Fig. 88 abgebildet ist. Auf einem Holzbrettchen ist eine Messingplatte befestigt, welche in ihren Lagern zwischen zwei Schraubenspitzen einen zweiarmigen messingenen Hebel *fff* trägt und daher mit dem Metallkörper

Fig. 88.



dieses Hebels in fortwährender Verbindung steht. Durch eine Stahlfeder *gg* wird der Hebel mit seinem hinteren (rechten) Ende auf ein Metallstück gepreßt, welches von der übrigen, den Hebel tragenden Messingplatte ganz isolirt ist, also durch diese Platte, ohne sie metallisch zu berühren, hindurchgeht und durch einen unterhalb des Holzbrettchens verlaufenden (in der Figur punktirten) Draht mit der Drahtklemme *s* in Verbindung steht.

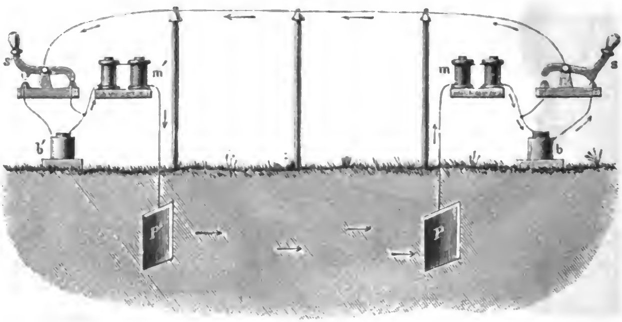
An der linken Seite des Hebels befindet sich ein nach unten gekehrter Messingkegel, welcher beim Niederdrücken des Griffes *h* gegen den unmittelbar darunter befindlichen Messing-Amboß *n* anschlägt. Letzterer steht mit der Klemme *t* in Verbindung. Hiernach steht der Messinghebel *f* in der Ruhelage mit dem hinteren Contacte *s* in Verbindung; wird der Griff *h* niedergedrückt, so wird *f* von *s* getrennt, dagegen durch *n* mit *t* in Verbindung gebracht. Erstere Lage heißt die offene, letztere die geschlossene; in

der offenen Stellung ist nämlich, wie sich sogleich ergeben wird, die Batterie offen, in der geschlossenen ist sie geschlossen.

Die Messingplatte, also auch der Hebel *f* ist, wie die folgende Figur zeigt, mit dem Leitungsdrahte *L*, der zur nächsten Station führt, verbunden *); *t* ist mit einem Pole der Batterie, *s* mit dem anderen Pole derselben und zugleich mit einem Ende der Drahtwindungen des Elektro-Magneten verbunden, während das andere Ende dieser Drahtwindungen zur Erdplatte führt.

71. Der Morse'sche Telegraph ohne Uebertrager für zwei Stationen. Fig. 89 stellt zwei mit einander durch den Morse'schen Ap-

Fig. 89.



parat verbundene Stationen dar: *m*, *m'* sind die Elektro-Magnete der Schreib-Apparate der Fig. 87, *s*, *s'* die Schlüssel (Fig. 88), *b*, *b'* die Batterien, *P*, *P'* die Erdplatten.

In der offenen Stellung der beiden Schlüssel, wie sie *s'* zeigt, kann kein Strom circuliren, da das eine Polende einer jeden Batterie bei dem vorderen Contacte *n* (Fig. 88) keine Weiterleitung findet. Im Ruhezustande sind also beide Batterien offen. Wird aber auf der einen Station der Schlüssel gedrückt, wie es in der Figur auf der rechten Station der Fall ist, so wird dadurch die Batterie *b* dieser Station geschlossen und sendet ihren Strom in der Richtung der Pfeile über *n* und *f* (Fig. 88) durch die Leitung nach der anderen links liegenden Station, wo er den Schlüssel über den hinteren Contactpunkte *s* (Fig. 88) passirt, den Elektro-Magneten *m'* umkreiset.

*) Gewöhnlich steht diese Platte, also auf *f*, durch einen kurzen Draht mit einer besonderen Klemme *o* und letztere erst mit dem Leitungsdrahte in Verbindung.

zur Erdplatte P' geht und durch die Erde zur ersten Station zurückkehrt. Die Erdplatte P nimmt ihn hier auf und führt ihn nach Umkreisung des Elektro-Magneten m zu der Batterie b zurück. Die Elektro-Magnete beider Stationen werden also umkreiset und ziehen ihre Anker an. Ein zwanzigmaliges, rasch wiederholtes Drücken des Schlüssels s auf der rechten Station bringt also ein wiederholtes Aufschlagen des rechten Hebelendes d, Fig. 87, auf die Schraubenspitze zu Wege, und dieses sehr vernehmbare Hämmern gilt der links liegenden Station als Signal für den Anfang einer kommenden Depesche. Sie schlägt daher den Hebel n (Fig. 87) mit dem Hemmring zurück, setzt dadurch das Räderwerk mit dem Papierstreif in Bewegung und liest die auf dem durchlaufenden Papier sich bildenden Gruppen von Punkten und Strichen ab. Das Ende der Depesche wird durch eine Aufeinanderfolge von zwanzig Punkten angezeigt.

Auf der arbeitenden Station (rechts) löst der Telegraphist sein Räderwerk nicht aus; es klappert daher nur der Hebel seines Schreibstiftes, ohne daß die Depesche sich aufzeichnet.

Ganz auf dieselbe Weise versendet die links liegende Station ihre Depeschen.

2. Der Morse'sche Telegraph mit Uebertrager.

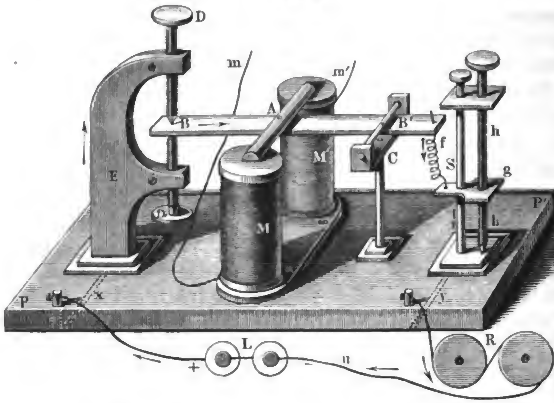
72. Damit der Schreibstift des Morse'schen Apparates seine Eindrücke in den Papierstreifen gehörig scharf mache, muß er mit einer ziemlich bedeutenden Kraft in die Höhe geschnellt werden.

Der Elektro-Magnet bb (Fig. 87) muß also seinen Anker cc kräftig anziehen und eine hierzu ausreichende magnetische Kraft durch den seine Windungen umkreisenden galvanischen Strom geben. Nun aber ist es bekannt (S. 58), daß lange Drahtleitungen den Strom sehr bedeutend schwächen und daß auch bei sorgfältig ausgeführten Leitungen ein nicht unbeträchtliches Quantum des Stromes auf Nebenwegen (z. B. an den Stangen herab) seinen Kreislauf vollendet, ohne das Ende der Leitung und die daselbst eingeschalteten Zeichengeber zu erreichen.

Aus diesem Grunde reichen selbst große Batterien nicht mehr aus, den Morse'schen Apparat mit der erforderlichen magnetischen Kraft zu versehen, wenn die Stationen weit von einander entfernt liegen, und in diesen fast allerwärts wirklich eintretenden Fällen tritt zu den im Vorigen beschriebenen Theilen noch der Uebertrager oder das Relais hinzu. Das Princip des Uebertragers ist bereits in §. 56 ausführlicher besprochen und eine Anwendung desselben in §. 66, 1. mitgetheilt worden. Seine Einrichtung für den Morse'schen Apparat ist in der Fig. 90 (a. f. S.) leicht zu verstehen.

M M' ist ein Elektro-Magnet mit sehr vielen Umwindungen eines feinen Kupferdrahtes

Fig. 90.



A der Anker desselben; er ist auf das längere Ende eines zweiarmigen Hebels *B B'* festgeschraubt. Die Axe des Hebels ist an den Enden kegelförmig zugespitzt und ist zwischen zwei ausgehöhlten von dem Ständer *C* getragenen Schrauben leicht beweglich. Unter dem Einflusse eines die Drahtwindungen des Elektro-Magneten umkreisenden galvanischen Stromes wird derselbe magnetisch und zieht den Anker an, dann geht das Ende *B* abwärts, das Ende *B'* aufwärts.

Eine Spiralfeder *f*, welche zwischen dem einen Hebelende *B'* und der horizontalen Platte *g* ausgespannt ist, zieht den Anker *A* von den Polen des Elektro-Magneten *M* zurück, sobald der Strom unterbrochen wird und der Magnetismus aus *M* entweicht. In dieser Lage ist die Entfernung des Ankers von den Polen des Elektro-Magneten sehr klein und beträgt meistens nicht mehr, als die Dicke eines Papierblättchens; im Allgemeinen aber richtet sich dieser Abstand nach der Stärke des Stromes, welcher die Drahtrollen *M M'* durchläuft. Ebenso muß die Spannung der Feder *f* in einem, durch Versuche zu bestimmenden, richtigen Verhältnisse zu dieser Stromstärke stehen.

Die Säule *S* ist von Messing und trägt oben einen festen horizontalen Arm, der eine Schraube *h*, *h* in verticaler Stellung erhält. Der Federhalter *g* ist an dieser Säule verschiebbar und enthält da, wo die Schraube *h* hindurchgeht, eine eingeschnittene Schraubenmutter. Die Schraube *h*, *h* selbst ist fein geschnitten und steht mit ihrem unteren Ende auf dem messingenen

Fuße der Säule S auf; ihre Drehung nach rechts oder links bringt daher eine Bewegung der Platte g nach unten oder nach oben und dadurch eine stärkere oder schwächere Spannung der Feder f hervor.

Der messingene Ständer E trägt zwei feingeschnittene Schrauben D, D', zwischen deren Spitzen das Ende B des Anker-Hebels sich auf oder ab bewegen kann. Die Spitze der oberen Schraube D ist von Elfenbein oder einer anderen isolirenden Substanz, die untere Schraube D' ist ganz metallisch. Der Spielraum zwischen den beiden Schraubenspitzen ist ebenfalls sehr klein und richtet sich nach der Intensität des Stromes in der Drahtrolle MM'. Die untere Schraube D' ist so gestellt, daß das Ende B sogleich mit der Schraubenspitze in Berührung tritt, wenn der Anker A von den Polen des Elektro-Magneten MM' angezogen wird. So lange kein Strom durch die Drahtrollen MM' cursirt, hält die Feder f den Anker A schwebend über den Magnetpolen und das Hebelende B lehnt sich gegen die elfenbeinerne Spitze der oberen Schraube.

Die Messinggestelle E, C, S sind nicht unmittelbar auf der hölzernen Gestellplatte P, P' festgeschraubt, sondern es befindet sich zwischen jedem von ihnen und der Gestellplatte ein Plättchen Elfenbein, um sie möglichst vollständig von einander zu isoliren.

Von den zwei unter dem Gestelle P, P' hindurchgehenden Drähten x, y steht der eine x mit dem Ständer E, der andere mit der Säule S in metallischer Verbindung.

L bezeichnet die aus wenigen (3—5) Zellen bestehende Local-Batterie; der + Pol derselben ist mit dem Ständer E durch den Draht x verbunden. Bezeichnet nun R den von einer weit entfernten Station aus in Bewegung zu setzenden Elektro-Magneten bb (Fig. 87) des am Räderwerke befindlichen Schreibstiftes im Morse'schen Telegraphen, so wird das eine Ende des den Elektro-Magneten R umwindenden Drahtes durch den Draht u mit dem — Pole der Localbatterie L, das andere Ende aber mit der Säule S durch den Draht y in Verbindung gesetzt.

Die Enden m, m' des den Elektro-Magneten MM' ohne Unterbrechung umwindenden Drahtes sind mit der telegraphischen Hauptleitung, also m beispielshalber mit dem Leitungsdrahte, m' mit der Erdplatte, verbunden.

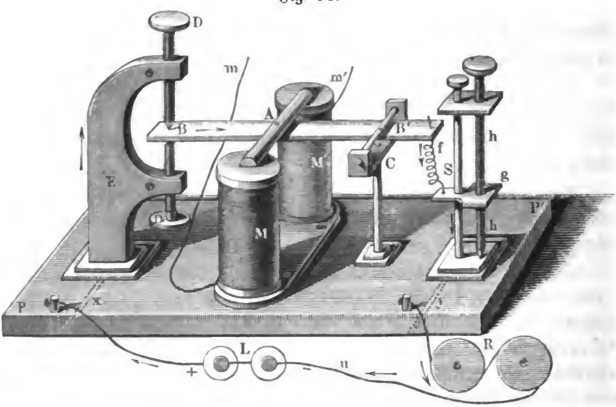
Gesetzt nun, daß Berlin direct, ohne Zwischenstationen, mit Cöln in Correspondenz zu treten beabsichtigt, so wird der in Berlin erzeugte galvanische Strom, selbst wenn die Batterie aus mehr als 100 Daniell'schen Elementen besteht, durch den Widerstand und die vielen Nebenschließungen in der langen Leitung so sehr geschwächt werden, daß er nicht mehr im Stande ist, in Cöln den zur Führung des Morse'schen Schreibstiftes erforderlichen Grad magnetischer Kraft zu entwickeln. Deshalb wird in Cöln

der Uebertrager eingeschaltet; *m* wird mit dem von Berlin kommenden Leitungsdrahte, *m'* mit der Erdplatte in Verbindung gesetzt.

Der Berliner Strom durchläuft nun die Umwindungen *MM'* des Cölner Uebertragers und magnetisirt denselben nur schwach. Aber die magnetische Kraft hat nun nichts weiter zu thun, als den leicht beweglichen, in sehr großer Nähe befindlichen Anker *A* anzuziehen, und dazu ist keine große Kraft erforderlich.

Sobald dieses geschieht, tritt das Hebelende *B* in metallische Berührung mit der Spitze der unteren Schraube *D'* und schließt dadurch die Localbatterie *L*. Der Strom dieser letzteren circulirt augenblicklich in der Richtung +, *x*, *E*, *D'*, *BB'*, *f*, *S*, *y*, *R*, *u*, —, wie es die beigesetzten Pfeile anzei-

Fig. 91.



gen. Der Elektro-Magnet im Apparate *R* wird also durch den Strom der Localbatterie, die man nach Belieben verstärken kann, wegen der kurzen und gut isolirten Leitung kräftig erregt und kann mit der gehörigen Energie auf den Anker des Schreibstiftes einwirken. So wie in Berlin die Hauptbatterie geöffnet und der Hauptstrom in *m*, *m'* oder *MM'* unterbrochen wird, zieht in Cöln die Feder *f* den Anker *A* von dem Magneten *MM'* ab, das Ende *B* verläßt die untere Schraube *D'* und legt sich gegen die elfenbeinerne Spitze der oberen Schraube an. Die Local-Batterie *L* wird dadurch wieder geöffnet und der Magnetismus in *R* aufgehoben.

Wegen der geringen Entfernung, in welcher sich *A* über *MM'* befindet, und des geringen Spielraumes, den *B* zwischen den beiden Schraubenspitzen

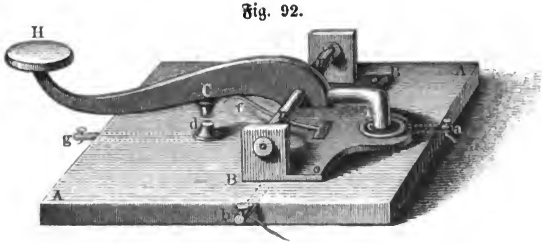
hat, ist das Spiel des Ankers A und des Hebels BB' so leicht und erfolgt, bei einer schnellen Folge von Unterbrechung und Wiederherstellung des Stromes in Berlin so lebhaft und schnell, daß man die Bewegungen von BAB' mit dem Auge kaum bemerkt und dieselben nur durch das Anklappen von A an die Pole des Elektro-Magneten wahrnimmt.

Mittelst dieses Uebertragers erlangt Morse's Telegraph, dessen Bewegungen durch die bloße Unterbrechung und Wiederherstellung des galvanischen Stromes erfolgen, obgleich sein Mechanismus ziemlich schwerfällig ist, eine sehr große Tragweite, und da der durch die Drahtleitung circulirende Hauptstrom nur den leicht beweglichen Anker zu führen hat, wozu eine ganz geringe Kraft ausreicht, der Localstrom aber beliebig stark gemacht werden kann, so vermag der Schreibstift auf 50—60 Meilen Entfernung ohne Zwischenstationen mit völliger Schärfe seine Zeichen zu geben.

Im Jahre 1845 brachte Morse einen nach diesen Principien construirten Uebertragungs-Apparat von Amerika mit nach Paris und deponirte ihn, ohne ihn vorgezeigt zu haben, auf der amerikanischen Gesandtschaft daselbst.

73. **Der Schlüssel in seiner Verbindung mit dem Uebertrager des Morse'schen Telegraphen.** Die Fig. 92 zeigt die Einrichtung des Schlüssels die mit der in Fig. 88 abgebildeten ganz übereinstimmt. Seine Einrichtung muß der Art sein:

Fig. 92.



1) daß er, wenn der Telegraph auf beiden Stationen außer Thätigkeit ist, die Haupt- oder Localbatterien offen läßt, damit diese sich nicht ohne Zweck abnutze;

2) daß er in diesem Ruhezustande die Leitungskette stets geschlossen erhält, damit jeden Augenblick von der entfernten Station aus ein Strom durch die Leitung hindurchgeführt werden könne;

3) daß er in diesem Zustande mit dem Uebertrager in Verbindung steht, d. h. daß er den von der entfernten Station kommenden Strom sofort zu dem Elektro-Magneten *MM'* des Uebertragers, Fig. 91. leitet, damit dieser durch Anziehung seines Ankers *A* die Localbatterie *L* schließe und die Bewegung des Schreibstifts veranlasse; endlich

4) daß er selbst jeden Augenblick die mit ihm zusammenhängende Hauptbatterie schließen und dadurch einen Strom nach der anderen Station hinsenden kann, wobei er gleichzeitig seine Verbindung mit dem eigenen Uebertrager aufheben muß, damit der entstehende Strom direct von der Hauptbatterie nach der entfernten Station hingehe, ohne zugleich den mit dieser Batterie verbundenen Uebertrager zu durchlaufen. Durch die letztere Einrichtung wird also erreicht, daß das Räderwerk und der Schreibstift auf der arbeitenden Station stille hält und daß nur auf der empfangenden Station diese Theile in Thätigkeit sind.

AA ist wieder die hölzerne Gestellplatte.

BB eine Messingplatte, welche in zwei verticalen Lagern die Axe *n* eines messingenen zweiarmigen Hebels *HCi* trägt.

Der Hebel steht also fortwährend in metallischer Verbindung mit der Platte *BB*. In der letzteren ist gerade unterhalb des abwärts gebogenen Endes *i* des Hebels ein kreisrundes Messingstück *c* durch einen elfenbeinernen Cylinder von der ganzen Platte *BB* isolirt. In der Figur ist dieser Cylinder weiß, das von der Platte getrennte Metallstück *c* schraffirt gezeichnet. Dieses Metallstück geht in der Mitte des elfenbeinernen Cylinders durch die Holzplatte *AA* hindurch und steht durch einen Draht mit der Schraubenhülse *a* in fester Verbindung.

Die Metallplatte *BB* selbst ist durch einen Draht mit einer anderen Drahtklemme *b* verbunden.

Der Hebel oder der Drücker *HCi* hat nach unten zu zwei metallische Vorsprünge, *C* und *i*. Unterhalb *C* befindet sich ein metallischer Amboß *d*, von welchem der Ansatz *C* in der Ruhelage des Schlüssels durch den aufwärts gerichteten Druck einer Feder *f* entfernt gehalten wird; dagegen steht dann eben hierdurch der Vorsprung *i* in inniger Berührung mit dem innerhalb des Elfenbein-Cylinders befindlichen Metallstück *c* und der Schraubenhülse *a*. Diese Stellung des Schlüssels wird also die offene genannt.

Der Me:allambos *d* ist mit der Klemmschraube *g* fest verbunden.

Drückt man bei dem Griffe *H* den Hebel nieder, so wird die Verbindung zwischen ihm und der Drahtklemme *a* aufgehoben, weil das Ende *i* sich von *c* trennt, dagegen wird die Verbindung des Hebels mit dem Metallhügel *d* oder der Drahtklemme *g* hergestellt. Diese Stellung des Schlüssels ist vorhin die geschlossene genannt worden.

Läßt der Druck auf *H* nach, so tritt der Hebel durch die Feder *f* von

selbst wieder mit a in Verbindung und trennt sich von d und g; der Schlüssel öffnet sich also von selbst.

Andere, denselben Zweck verfolgende Uebertrager sind mit besserem Erfolge von Siemens und Hipp construirt und angewandt worden.

Der Zusammenhang zwischen dem Schlüssel, dem Uebertrager und dem Räderwerke des Morse'schen Apparates wird nun aus dem Folgenden verständlich.

74. **Der Morse'sche Telegraph mit Uebertrager für zwei Stationen.** Der Morse'sche Druck-Telegraph in seiner vollendetsten Gestalt, wie er in zahlreichen Exemplaren insbesondere aus der Werkstätte des geschickten Mechanikers Herrn Halske in Berlin hervorgegangen und nun auf allen Staatslinien des deutsch-österreichischen Telegraphenvereins, also in Oesterreich, Preußen, Baiern, Sachsen, Würtemberg, Hannover, Holland, ferner in der ganzen Schweiz und in Amerika in Betrieb ist, besteht auf jeder Station:

1) aus einer Leitungs- oder Haupt-Batterie und einer örtlichen oder Local-Batterie;

2) aus dem Räderwerke und dem Schreibstifte (Fig. 87);

3) aus dem Uebertrager (Fig. 91);

4) aus dem Schlüssel (Fig. 92 oder 88);

5) aus einem in der Leitung eingeschalteten Stromanzeiger, dem Galvanometer (Fig. 76 oberhalb des Weckers).

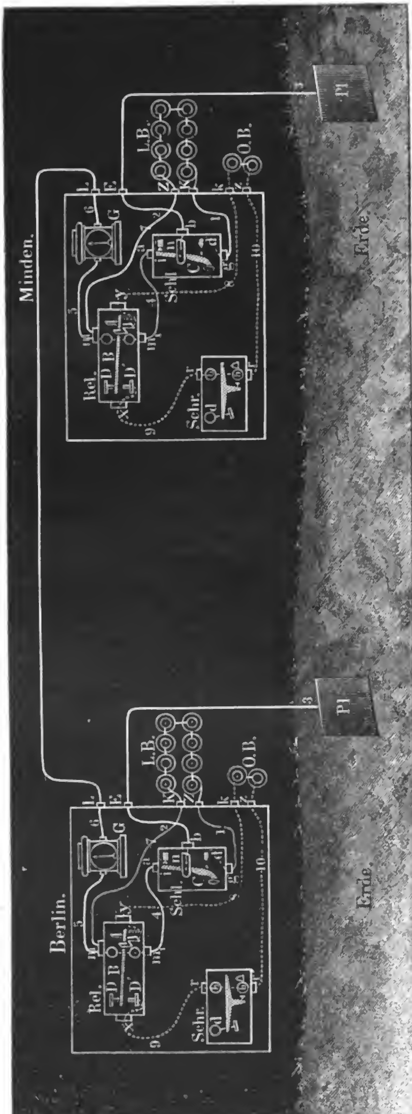
Die schematische Fig. 93 (a. f. S.) erläutert die Stellung dieser Theile auf dem sogenannten Apparatentische, an dessen rechter Seite sich 6 Messingklemmen befinden zur Aufnahme und Weiterleitung der verschiedenen Drahtverbindungen.

Berlin und Minden bezeichnen die zusammenhängenden Stationen, *Schr.* bedeutet den Schreibstift mit dem Räderwerk (Fig. 87), welches in der Figur nicht gezeichnet ist, *bb* die beiden Schenkel des Elektro-Magneten, *Schl.* den Schlüssel (Fig. 92), *Rel.* das Relais oder den Uebertrager (Fig. 90), *G* das Galvanometer, *Pl.* die Erdplatten, *L.B.* die große Leitungsbatterie*), *O.B.* die kleine Ortsbatterie, die zwischen *L* und *L* gezogene Linie bezeichnet den Leitungsdraht. Der in Circulation befindliche Leitungsstrom der Station Minden ist mit starken Linien, die Stromesrichtung der Ortsbatterie mit punktirten Linien bezeichnet.

Die einzelnen Theile des *Schr.*, des *Rel.* und des *Schl.* sind mit denselben Buchstaben bezeichnet, mit denen sie in den bezüglichen Figuren 87, 90,

*) Sie besteht in Preußen und auf vielen anderen Linien aus Zinkkohlen-Elementen (s. S. 35), bei denen die Kohle in 10fach verdünnter, das Zink in 20fach verdünnter Schwefelsäure steht. Auf 10 Meilen rechnet man 6 solcher Elemente. — Die örtliche Batterie *O. B.* besteht nur aus 2 Elementen.

Fig. 93.



und 92 bezeichnet sind. Im Uebrigen ist die Drahtverbindung aus der Figur ohne Weiteres erkennbar.

Im Ruhezustande sind auf beiden Stationen die Schlüssel offen, wie es die Figur zeigt. Dabei ist jede Leitungsbatterie *L.B.* im *Schl.* zwischen *d* und *C*, jede Localbatterie im *Rel.* zwischen *D'* und *B* offen, ein Strom also nicht vorhanden. Die Leitung zwischen beiden Stationen ist gleichwohl geschlossen; verfolgt man nämlich, von *L* in Minden ausgehend, die Drahtleitung nach Berlin hin, so findet sich auf dem Wege *L*, 6, *G*, 5, *m m'*, 4, *a*, *i*, *n*, *b*, 2, *E*, 3, *Pl.*, Erde nach Minden hin, und in Minden weiter über *Pl.*, 3, *E*, 2, *b*, *n*, *i*, *a*, 4, *m' m*, 5, *G*, 6, *L* Drahtleitung ein leitendes nirgendwo durch die Luft oder eine isolirende Substanz unterbrochenes Continuum.

Minden will nun eine Depesche abgeben: Der Telegraphist in Minden drückt den Schlüsselknopf nieder und schließt den Schlüssel, er bringt also *C* mit *d* in Berührung und setzt *i* außer Contact mit *a*. Hierdurch wird die Mindener Leit.-Batterie *L.B.* geschlossen und sendet einen Strom in der Richtung: Minden *K* Pol, *g*, *d*, *C*, *n*, *b*, 2, *E*, 3, *Pl.* durch die Erde nach *Pl.* Berlin, in Berlin *Pl.*, 3, *E*, 2, *b*, *n*, *i*, *a*, 4, *Rel.* (*m' m*), 5, *G*, 6, *L*, durch die Drahtleitung zurück nach *L* Minden, hier weiter *L*, 6, *G*, 5, *m*, 7, zum Zinkpole *Z* zurück. Der Kreislauf des Mindener Stromes ist also vorhanden und erstreckt sich um den Berliner Uebertrager *Rel.*; der Elektro-Magnet des letzteren zieht seinen Anker *B* gegen die Contactschraube *B'* herab und schließt, wie oben gezeigt, die Berliner Ortsbatterie. In Folge hiervon entsteht in Berlin ein galvanischer Strom in der punktirt gezeichneten Drahtverbindung, nämlich in der Richtung *k*, 8, *y*, *B*, *D'*, *x*, 9, *bb* des Schreibstiftes, 10, *z*; der Elektro-Magnet *bb* des Schreibstiftes zieht seinen Anker an und schnellt den Stift selbst gegen das Papier in die Höhe, um dort einen Punkt oder einen Strich zu zeichnen, je nachdem der Druck auf den Mindener Schlüssel kurz oder länger dauert.

Die Folge des in Minden vollzogenen Schließens des Schlüssels ist also eine doppelte, eine unmittelbare und eine mittelbare. Jene besteht in der Hervorrufung eines Stromes aus der Leitungsbatterie, welcher nach der entfernten Station hingelangt, um dort nichts weiter zu leisten, als den Relais-Anker herabzubewegen; diese besteht in der Erzeugung eines kräftigen localen Stromes zu Berlin, der durch die genannte Bewegung des Relais-Ankers veranlaßt, seine Wirksamkeit ausschließlich auf den Berliner Schreibstift ausübt.

Mit dem Wiederöffnen des Schlüssels in Minden fällt in Berlin zunächst der Relais-Anker wieder ab, in Folge dessen wird aber daselbst die Ortsbatterie *O.B.* zwischen *D'* und *B* wieder geöffnet und der Schreibstift *d* fällt ab.

Der Mindener Strom umgeht also den Mindener Uebertrager und daher auch den Mindener Schreibstift; er wirkt also ausschließlich auf den entfernt

stehenden Uebertrager. Das Abgeben einer Depesche besteht hiernach in der Manipulation mit dem Schlüssel; der Schreibstift der arbeitenden Station ist also fortwährend in Ruhe und nur die empfangende Station sieht den ihrigen in Bewegung, während hier der Schlüssel in Ruhe ist.

Beim Beginn einer Depesche hämmert der Mindener Telegraphist mit seinem Schlüsselhebel mehrere Male rasch hinter einander auf und ab, schließt und öffnet also nach einander seinen Schlüssel. Das dadurch in Berlin hervorgerufene Anziehen und Abfallen der Anker im Uebertrager und im Räderwerke ist so geräuschvoll, daß es als Signal für den Anfang des Correspondirens vollkommen ausreicht. Sofort löst der Berliner Telegraphist, durch das Hämmern aufmerksam gemacht, sein Räderwerk aus und setzt den Papierstreifen in Bewegung.

Alsbald fängt der Cölner Telegraphist an, mittelst des Schlüssels die Depesche zu versenden, welche sich zu Berlin dem Papierstreifen einprägt und die während ihres Entstehens auf dem abrollenden Papiere gelesen werden kann. Sobald die Anker aufhören zu klappen und auf dem Papierstreifen eine längere Reihe dicht gedrängter Punkte ohne Unterbrechung sich zeigt, als Signal, daß die Depesche beendigt ist, arretirt der Berliner Telegraphist sein Räderwerk und giebt sofort durch Hämmern seines Schlüssels das Signal, daß er antworten will, sei es auch nur, um zu melden, daß er die Depesche verstanden oder nicht verstanden habe.

Der Mindener Telegraphist löst nun sein Räderwerk aus und setzt sein Papier zur Aufnahme der Berliner Meldung in Bewegung.

Man mag den Hebel des Schlüssels noch so geschwinde bewegen: bei einer sorgfältigen Construction des Uebertragers und des Räderwerkes folgen diese Theile den Bewegungen des viele Meilen entfernten Schlüssels mit einer bewundernswerthen Genauigkeit und Regelmäßigkeit.

75. **Vorzüge und Geschwindigkeit des Morse'schen Telegraphen.** Der Hauptvorzug des Morse'schen Telegraphen besteht in der Geschwindigkeit, mit welcher er seine Zeichen zu geben und dem Papier einzuprägen vermag. Er entwickelt unter der Hand eines geübten Telegraphisten gegen 100 Buchstaben in derselben Zeit (1 Minute), in welcher die besseren Zeigertelegraphen deren 40 zu liefern vermögen.

Als Beleg dafür, mit welcher Geschwindigkeit die in Amerika ausgeführten Telegraphen, insbesondere der New-York-Albany and Buffalo Telegraph Company arbeiten, kann die Botschaft des Gouverneurs Young an die gesetzgebende Versammlung zu Albany dienen, welche am 5. Januar 1847, 18 Minuten vor 12 Uhr, in Albany zu lesen angefangen und durch den Telegraphen nach New-York berichtet wurde, wo sie sich Nachmittags 3 Uhr im Besitze des Herausgebers der dortigen Zeitung befand. Diese Botschaft enthielt an 5000 Wörter oder 25,000 Buchstaben und wurde durch

zwei gleichzeitig arbeitende Telegraphen übertragen, so daß auf einen jeden derselben in der Minute 83 Buchstaben kamen. Noch mehrere derartige Belege wird der folgende Abschnitt bieten.

Ein zweiter sehr wesentlicher Vorzug, wodurch sich der Morse'sche Telegraph vor den Zeigertelegraphen auszeichnet, besteht darin, daß bei ersterem die Richtigkeit aller späteren Zeichen von der Richtigkeit der vorhergehenden unabhängig ist. Bei den Zeigertelegraphen geschieht es nicht selten, daß die Zeiger der beiden correspondirenden Stationen nicht gleichen Gang halten und von einander abweichen. Geschieht dieses bei einem bestimmten Buchstaben, so sind auf der empfangenden Station alle folgenden Buchstaben unrichtig und die Depesche ist in Unordnung. Das Einstellen der Zeiger auf das leere Feld ist immer mit Zeitverlust verbunden.

Bei den Morse'schen, wie bei den Nadeltelegraphen, tritt dieser Uebelstand nicht ein; hier ist kein Zeichen von einem früheren abhängig, und ist einmal aus Versehen des Telegraphisten ein Buchstabe nicht richtig signalisirt worden, so hat dieser Irrthum keinen Einfluß auf die folgenden Buchstaben.

Bei den Zeigertelegraphen muß der Empfänger eine Depesche buchstabenweise auffassen und zugleich niederschreiben; er muß seine Aufmerksamkeit zwischen dem Apparate und seiner Schrift theilen. Der Morse'sche Telegraph erfordert die Aufmerksamkeit des Telegraphisten nur im ersten Augenblicke des Arbeitens; er löst die Arretirung aus, setzt das Räderwerk in Bewegung und kümmert sich nicht weiter um den Apparat; dieser liefert ihm die fertige Depesche in der Form einer Schrift.

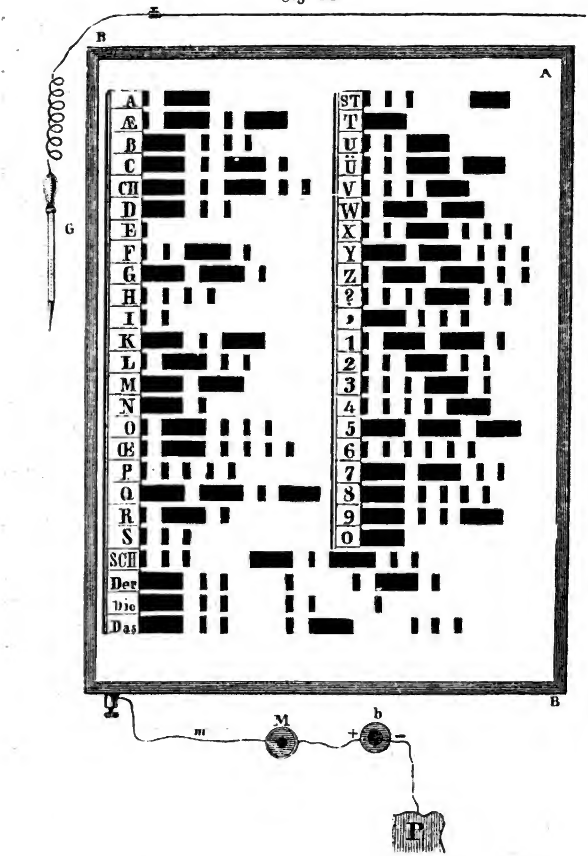
Eine Schwierigkeit steht jedoch der allgemeinen Einführung des amerikanischen Telegraphen, insbesondere für den Eisenbahnbetrieb, im Wege: es ist die künstliche Bezeichnungsweise der Buchstaben und Ziffern durch die Gruppirung von Punkten und Strichen. Der Zeigertelegraph kann durch Jeden regiert werden, welcher buchstabiren kann, während man es bei der Erlernung des Punkt-Strich-Alphabetes erst nach mehrfacher Uebung zu derjenigen Fertigkeit und Gewandtheit bringt, welche erforderlich ist, um bei der möglich größten Geschwindigkeit noch mit Sicherheit operiren zu können.

76. **Die Schreibplatte Morse's.** Der eben erwähnte Umstand, daß die Aneignung der manuellen Fertigkeit des Zeichengebens mittelst des in dem Vorigen beschriebenen Hebel-Schlüssels für viele Individuen mit unüberwindlichen Schwierigkeiten verbunden ist, veranlaßte schon Morse, denselben durch eine leichter zu handhabende Vorrichtung zu ersetzen und dadurch das Operiren mit seinem Telegraphen für Jeden möglich zu machen.

Diese Vorrichtung besteht aus einer Tafel, welche aus Leitern und Nichtleitern der Elektricität zusammengesetzt ist, und aus einem Griffel. Die Fig. 94 (a. f. S.) versinnlicht diese Tafel und ihren Zusammenhang mit dem Morse'schen Schreibapparate (Fig. 87), der Batterie und dem Griffel.

Die schwarzen Rechtecke der Tafel *A* sind von Metall, die weißen Theile derselben von Elfenbein. Jene gehen durch das Elfenbein fest anliegend hindurch und

Fig. 94.



sind unterhalb der Elfenbeinplatte *A* an einer gemeinsamen Metallplatte *BB* angelöthet.

Diese Leitplatte *B* wird nun statt des Hügels (Ambos) *d* im Morse'-

schen Schlüssel (Fig. 92) in die Drahtleitung gebracht, d. h. durch den Draht *m'* mit den Umwindungen des Elektro-Magneten *b b* im Schreibapparate (Fig. 87) in Verbindung gesetzt. Der von der entfernten Station kommende Leitungsdraht ist mittelst eines dünnen, spiralförmig gewundenen, gut isolirten Drahtes an den metallenen Kopf eines elfenbeinernen Griffels *G* befestigt, durch welchen, wie das Blei in einer Bleifeder, ein Kupferdraht hindurchgeht, der in eine rundlich zulaufende Spitze von Platina endigt.

Setzt man den leitenden Griffel *G* auf eines der Metallstücke der Platte *A*, so wird die Batterie *b* begreiflicher Weise ebenso geschlossen, als ob in Fig. 93 der Hebel *C* des Schlüssels auf den Metallambos *d* niedergedrückt worden wäre; denn der Strom circulirt vom + Pole aus durch die Umwindungen des Elektro-Magneten *M* im Schreibapparate über *m'* nach der Leitplatte *B B* und den schwarzgezeichneten Metallstücken der Platte *A*, von wo er durch den Griffel *G* zu dem Leitungsdrahte und der entfernten Station gelangt. Im Ruhezustande müssen daher, damit die Leitung nirgendwo unterbrochen sei und ein Continuum bilde, auf beiden Stationen die Griffel auf dem Metall der Platte *A* ruhen. Setzt man dagegen den Griffel auf eines der Elfenbeinstücke, so wird die Leitung unterbrochen, die Batterie geöffnet und der Strom abgeschnitten.

Sind daher die in der Elfenbeinplatte *A* eingelegten Metallstücke nach dem richtigen Verhältnisse des Morse'schen oder sonst gewählten Alphabets bemessen und für jeden Buchstaben reihenweise eingesetzt, wie die schwarzen Felder in der Zeichnung zeigen, und führt man den Griffel in gerader Linie über eine Reihe solcher eingelegten Stückchen, so punktirt und strichelirt der Morse'sche Schreibstift (Fig. 87) auch die Zeichen genau nach demselben Verhältnisse; denn der Schluß und die Unterbrechung des Stromes erfolgt genau nach dem Längenverhältnisse der in die Platte *A* eingesetzten Stückchen und ihrer Zwischenräume. So lange nämlich der Griffel auf Metall steht, bleibt der Strom hergestellt und der Schreibstift in Fig. 87 angedrückt; so lange er über Elfenbein geht, bleibt der Strom unterbrochen. Daher bringt ein Gang des Griffels über ein kurzes Metallstück in den Schreibapparat einen Punkt, ein gleichmäßiger Gang über ein Elfenbeinstück eine Lücke hervor.

Die Zeichnung ist nach einem von dem oben angeführten etwas abweichenden Alphabete gemacht.

Es ist von selbst klar, daß während des Arbeitens der Griffel *G* auf der empfangenden Station dauernd auf dem Metall der Platte *A* oder *B* stehen muß. Auch hat sich als Erfahrungssache herausgestellt, daß man, um zu telegraphiren, mit dem Griffel ganz ruhig, langsam und gleichmäßig über die Zeichen fahre, dafür aber nicht zu viel Zeit verstreichen lasse, um den nächstfolgenden Buchstaben aufzusuchen.

Um das Abgleiten von einer Buchstabenreihe zu verhüten, überdeckte Morse die Buchstabenplatte *A* noch mit einer nicht leitenden Richtplatte, welche mit langen schmalen Oeffnungen versehen ist und so auf die Buchstabenplatte *A* gelegt wird, daß jeder Buchstabe genau unter einer solchen Oeffnung steht. Beim Telegraphiren fährt der Signalist dann mit dem Griffel durch diese Oeffnungen hindurch, als ob er an einem Lineal gerade Linien zöge.

In Amerika ist diese Schreibplatte gegenwärtig im Gebrauche; in Deutschland arbeitet man dagegen nur mit dem Schlüssel.

77. Eine längere mit Morse'schen Apparaten ausgerüstete Telegraphenlinie besteht in der Regel aus zwei Endstationen und einer oder mehreren Zwischenstationen. Die Linie Berlin-Minden zerfällt z. B. in die Endstationen Berlin und Minden, und in die Zwischenstationen Potsdam, Magdeburg, Oschersleben, Braunschweig und Hannover. Eine Einschaltung wie sie in dem §. 74 gegeben ist, würde für jede Zwischenstation zwei vollständige Apparate (Schreibstift, Relais und Schlüssel) erfordern, von denen der eine mit der zunächst rechts gelegenen, der andere mit der links liegenden Nachbarstation in Correspondenz treten müßte. Jede von Berlin nach Minden gerichtete Depesche würde dann zunächst nur bis Potsdam gehen, wo sie aufgeschrieben und nach Magdeburg weiter gegeben werden müßte u. s. w., bis sie endlich, nachdem sie alle Zwischenstationen durchlaufen, von Hannover nach Minden gelangen könnte.

So nothwendig es nun einerseits ist, daß die Endstationen einer Telegraphen-Linie mit allen Zwischenstationen und diese wieder unter einander in Correspondenz treten können, so würde doch eine solche Einrichtung, besonders wenn nur ein einziger Leitungsdraht auf der Linie vorhanden ist, äußerst nachtheilig auf den Flug der Nachrichten einwirken, da die Fortpflanzungsgeschwindigkeit derselben schon durch das jedesmalige Aufnehmen und Weitergeben auf den Zwischenstationen bedeutend verkürzt würde und sich noch weit mehr verringern müßte, wenn der eine oder der andere Apparat zufällig nicht ganz in Ordnung wäre.

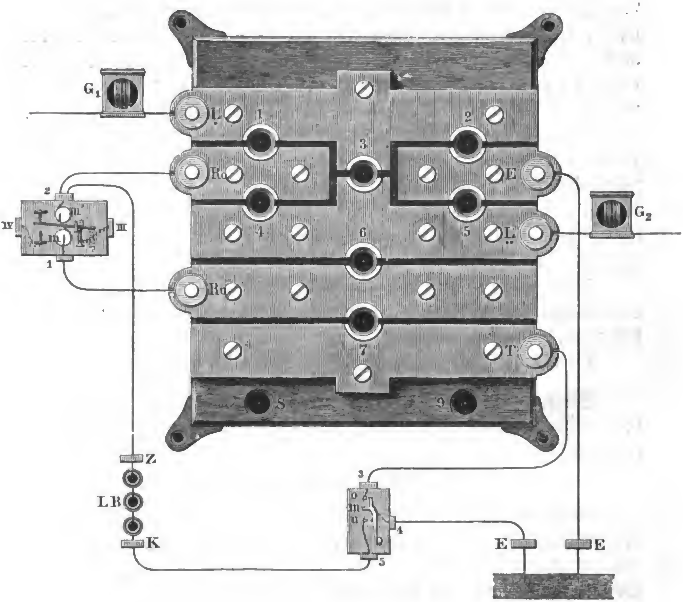
Hier tritt also für den praktischen Betrieb eine neue Aufgabe hinzu, welche zu ermöglichen hat:

1) daß ein einziger Morse'scher Apparat für jede Zwischenstation ausreicht,
2) daß durch eine besondere Umschalte-Vorrichtung der Apparat einer jeden Zwischenstation
   a) vollständig ausgeschaltet werden kann, ohne die Leitung für die anderen Stationen zu unterbrechen, oder
   b) beim Durchgang einer Depesche durch die Station Schrift mit erhält, oder
   c) nach Belieben mit einer der rechts oder der links liegenden Stationen correspondiren kann, und doch zugleich mit derjenigen Seite, wohin er nicht arbeitet, in leitender Verbindung bleibt.

Diese Aufgabe ist vollständig gelöst. Eine jede längere Linie mit Zwischenstationen enthält solche Umschalter, die jedoch von den verschiedenen Mechanikern verschiedenartig ausgeführt sind. Ohne uns bei den ingeniösen Umschaltern von Siemens und Halske, den Steinheil'schen in Oesterreich und in der Schweiz, den hannoverschen u. s. w. aufzuhalten, geben wir in dem Folgenden diejenigen ausführlich, welche nach der speciellen Construction des Telegraphen-Directors Herrn Geheimrathes Nottebohm ausgeführt und auf allen preußischen Staatslinien in Anwendung sind*).

78. Der Nottebohm'sche Umschalter für Zwischensta-

Fig. 95.



*) Anfänglich bestand derselbe aus eilf Contactfedern und fünf Leitkurbeln; sie erhielten jedoch bald nachher eine Umänderung und die im Texte beschriebene zweckgemäßere Einrichtung.

tionen, Fig. 95, besteht aus 6 auf einer Holzplatte durch Elfenbein isolirten messingenen Leitschienen, zwischen denen die Löcher 1 — 7 liegen. Durch Einsetzen eines Metallkegels, Fig. 96, in eines der Löcher werden offenbar

Fig. 96.



diejenigen zwei Schienen, welche das Loch bilden, metallisch verbunden; wird z. B. der Metallknopf in das Loch 3 gestellt, so tritt dadurch die obere Schiene mit der Schiene 4 6 *L..* in Verbindung. Die Löcher 8 und 9 in dem Holzbrett haben nur den Zweck, die gerade unnöthigen Knöpfe aufzunehmen.

Bei der Klemme *L.* ist der von der einen Seite (z. B. von Berlin) ankommende, bei *L..* der nach der anderen Seite (also nach Minden) abgehende Leitungsdraht, bei *E* der zur Erdplatte führende Draht fest eingeklemmt. G_1, G_2 sind zwei in der Leitung befindliche Vertical-Galvanometer von der in Fig. 76 oberhalb des Weckers abgebildeten Construction; *Ro* ist mit der oberen Klemme 2, *Ru* mit der unteren 1 des Relais, *T* endlich mit der Klemme 3 des Schlüssels verbunden; letzterer steht durch die Klemme 4 mit der Erdplatte, durch die Klemme 5 aber mit einem Pole der Leitungsbatterie *L. B.* in Verbindung. Die Batterie hat stets Kupfer nach der Erde zu, der Zinkpol führt zur Klemme 2 des Uebertragers.

Der Schreib-Apparat und die von den Klemmen *III* und *IV* des Uebertragers ausgehenden Verbindungsdrähte der Local-Batterie, sowie diese selbst, sind in der Figur als für das Verständniß unnöthig weggelassen.

Kommt nämlich der Anker des Relais zum Anzuge, so kommt dadurch auch allemal die Local-Batterie zum Schlusse und der Anker des Schreibstiftes zum Anzuge.

Für das Telegraphiren sind folgende Stellungen möglich:

Stellung 1. Der Morse'sche Apparat der Zwischenstation soll ganz ausgeschlossen werden, ohne die Leitung selbst zu unterbrechen.

Das Loch 3 wird zugesetzt.

Kommt nun von der linken Seite (Berlin) ein Strom, so tritt er auf der Zwischenstation bei dem Galvanometer *G'* ein, geht dann von der *L.* Schiene über 3 nach der *L..* Schiene, zu *L...*, G_2 in die rechte Leitung (Minden) weiter, ohne das Relais und die übrigen Apparattheile zu berühren.

Ein von der entgegengesetzten Seite (Minden) kommender Strom passirt den Umschalter in der entgegengesetzten Richtung.

Diese Stellung heißt die directe, weil sie von den Zwischenstationen angenommen wird, wenn eine Station mit Umgehung aller Zwischenstationen nach einer anderen direct sprechen will.

Die beiden Galvanometer sind in der Leitung und bleiben während des

Directsprechens in fortwährender Schwankung. Am Ende der Correspondenz schließen die beiden mit einander correspondirenden Stationen ihre Batterien durch gleichzeitiges Niederdrücken ihrer Schlüssel auf eine Minute in die Leitung ein*), wodurch die von den Beamten fortwährend beobachteten Galvanometernadeln der Zwischenstationen stark ausschlagen und eine Minute lang ruhig stehen bleiben als Signal, daß das directe Sprechen zu Ende ist und die Station sich wieder durch veränderte Stöpselstellung einzuschalten hat.

Stellung 2. Der Morse'sche Apparat der Zwischenstation soll so eingeschaltet sein, daß er beim Durchgange einer Depesche die Schrift mit erhält.

Die Löcher 1, 6 werden zugesetzt.

Kommt nun von der linken Seite (Berlin) ein Strom durch die Leitung an, so tritt er nach seinem Durchgange durch G_1 in die *L.* Schiene, über Stöpsel 1 in die *Ro* Schiene und zu 2 des Uebertragers, nach seinem Durchgange durch die Windungen des Elektro-Magneten $m\,m'$ zu 1 und in die *Ru* Schiene, dann über Stöpsel 6 in die *L..* Schiene zu G_2 und in die rechte Leitung (Minden) weiter. Der Strom wirkt also auf den Uebertrager und die Zwischenstation erhält daher die Schrift mit.

Diese Stellung heißt die circulare Stellung, weil sie angenommen wird, wenn eine der Endstationen eine Circular-Depesche an sämmtliche Stationen abgeben will. Da in diesem Falle die Elektro-Magnete aller Relais in der Leitung sind, so erleidet der Strom durch die vielen Windungen der feinen Drähte eine bedeutende Schwächung und es müssen die Relaisfedern *f*, Fig. 91, stark abgespannt werden**).

Stellung 3. Der Morse'sche Apparat der Zwischenstation soll mit einer der rechts liegenden Stationen (Minden) correspondiren und doch noch mit der links liegenden in leitender Verbindung bleiben.

Die Löcher 2, 4, 7 werden zugesetzt.

a) Die Zwischenstation giebt Schrift durch Drücken ihres Schlüssels. Der Strom circulirt von dem *K* Pol der *L. B.* durch 5, *u*, *m*, 4,

*) Damit der Fall nicht eintrete, daß die Ströme der beiden Batterien in entgegengesetzter Richtung laufen und sich aufheben, ist eine ganz bestimmte Verbindungsweise der Pole an den Tischklemmen vorgeschrieben und dieses Operiren durch besondere reglementarische Vorschriften geregelt.

**) Ein Drücken des Schlüssels auf der Zwischenstation bei der Circularstellung würde eine Stromverzweigung nach beiden Seiten hin zur Folge haben und in den meisten Fällen Verwirrung anrichten. Es ist dieses daher verboten und ein circulares Sprechen der Zwischenstationen unmöglich.

Erde nach der rechts liegenden Station (Minden) hin, geht hier, wie oben Fig. 93 mehrfach gezeigt, durch das Relais in die Leitung und kommt durch diese bei G_2 wieder zurück; von G_2 endlich über *L..*, Stöpsel 4, *Ro* Schiene, Klemme 2 des Relais zum *Z* Pol zurück. Die entfernte rechts liegende Station erhält also Schrift.

b) Die Zwischenstation erhält Schrift. Der von rechts kommende Strom tritt bei G_2 in die Zwischenstation, geht über die *L..* Schiene und den Stöpsel 4 zu *Ro*, 2, *m m'* des Relais, 1, *Ru* Schiene, Stöpsel 7, *T* Schiene, 3 Klemme des Schlüssels (derselbe ist jetzt nicht gedrückt), *o*, *m*, 4, Erde zu der rechts liegenden Station zurück. Da in diesem Falle das Relais der Zwischenstation vom Strome durchzogen wird, so erhält die Station Schrift.

In den beiden Fällen a und b sind die links liegenden Stationen immer noch mit der Zwischenstation verbunden; denn ein von links kommender Strom geht über G_1, *L.* Schiene, Stöpsel 2 zur *E* Schiene und zur Erdplatte, um durch die Erde nach der linken Station zurückzukehren.

Der Telegraphist hat daher während der Correspondenz nach der rechten Seite hin das linke Galvanometer G_1 stets zu beobachten, und im Falle eines Ausschlages desselben sogleich die Correspondenz zu unterbrechen, durch Annahme der folgenden Stöpselstellung Nr. 4 sich mit der linken Station in Verbindung zu bringen und zu erfragen, was dieselbe wolle. Im Falle der Dringlichkeit wird dann zuerst die von links kommende Depesche aufgenommen, und der rechten Station das Zeichen »Warte« gegeben, im anderen Falle erhält die linke Station dieses Signal und die Correspondenz wird nach rechts hin beendigt. Diese Stellung heißt die Stationsstellung nach *L..* hin.

Stellung 4. Der Morse'sche Apparat der Zwischenstation soll mit einer der links liegenden Stationen (Berlin) correspondiren, und doch noch mit der rechts liegenden in leitender Verbindung bleiben.

Die Löcher 1, 7, 5 werden zugesetzt.

a) Die Zwischenstation giebt Schrift durch Drücken ihres Schlüssels.

Der Strom der Zwischenstation circulirt von dem *K* Pol der Batterie *L. B.* durch 5, *u*, *m*, 4, Erde nach der links liegenden Station (Berlin) hin, geht hier, wie oben Fig. 93 gezeigt, durch das Relais in die Leitung und kommt durch diese bei G_1 wieder zurück; von G_1 endlich über *L.*, Stöpsel 1, *Ro* Schiene, Klemme 2 des Relais zum *Z* Pol zurück. Die entfernte links liegende Station erhält also Schrift.

b) Die Zwischenstation erhält Schrift. Der von links kommende Strom tritt bei G_1 in die Zwischenstation, geht über die *L.* Schiene und den Stöpsel 1 zu *Ro*, 2, *mm'* des Relais, 1, *Ru* Schiene, Stöpsel 7, *T* Schiene, 3 Klemme des Schlüssels (derselbe ist jetzt nicht gedrückt), *o*, *m*, 4, Erde zu der links liegenden Station zurück. Da in diesem Falle das Relais der Zwischenstation vom Strome durchzogen wird, so erhält die Station Schrift.

In den beiden Fällen a und b sind die rechts liegenden Stationen immer noch mit der Zwischenstation verbunden; denn ein von rechts kommender Strom geht über G_2, *L..* Schiene, Stöpsel 5 zu der *E* Schiene und zur Erdplatte, um durch die Erde nach der rechten Station zurückzukehren.

Der Telegraphist verfährt daher, wie bei der Stellung 3. Diese Stellung heißt die Stationsstellung nach *L.* hin.

Die Aufstellung und Verbindungsweise der auf den Endstationen (Berlin, Minden) befindlichen Apparate ist ganz so, wie sie die Fig. 93 giebt; die Pole der zwei Leitungs-Batterien *L. B.* sind des Weckens wegen (s. S. 171 Anm.) verwechselt.

In dem die beiden *L* Klemmen verbindenden Leitungsdrahte der Fig. 93 hat man sich also nur beliebig viele Zwischenstationen mit dem Nottebohm'schen Stationsumschalter (Fig. 95) eingeschaltet zu denken, so daß das von Berlin kommende Ende bei G_1, das andere nach Minden zugewandte Ende bei G_2 angesetzt ist, um sofort ein vollständiges Bild von einer längeren Staats-Telegraphen-Linie (z. B. Berlin - Minden) mit ihren Anfangs- Zwischen- und Endstationen zu gewinnen.

Die Ausführung eines solchen Bildes mit Weglassung der Galvanometer und des Schreib-Apparates nebst zugehöriger Local-Batterie auf der Zwischenstation giebt die Fig 97. Berlin und Minden sind die 50 Meilen von einander entfernten Endstationen, Potsdam eine der eingeschalteten 5 Zwischenstationen. Eine nähere Erläuterung der Figur erscheint nach dem Vorigen überflüssig.

79. **Die Translatoren und die Uebertragungsstationen.** — Es ist bereits früher hervorgehoben, daß auch bei der sorgfältigsten Isolirung des Leitungsdrahtes die Nebenschließungen, d. h. der Verlust an Stromintensität, durch Abzweigung eines Theiles des Stromes an den Tragstangen herab zur Erde nicht gänzlich vermieden werden können. Auch die besten Isolatoren sind nämlich nicht absolute Nichtleiter, sondern eben nur schlechte Leiter. Da nun die Größe dieser Nebenschließungen oder des Stromverlustes mit der Anzahl der Isolirungen und deren Knöpfe, oder mit der Länge der Leitung proportional wächst, so ist es begreiflich, daß es eine Gränze giebt für die größte Entfernung, über welche hinaus die galvanischen

Ströme nicht mehr in der zum Betriebe auch des zartesten Apparates erforderlichen Stärke fortgepflanzt werden können. Eine directe Correspondenz über diese Gränze hinaus ist also nicht möglich.

Aus diesem Grunde wird bei dem Morse'schen Telegraphen mit Relais, um eine unter allen Umständen sichere Correspondenz zu erzielen, bis jetzt die Entfernung zweier direct correspondirender Apparate in Preußen nicht über 50 Meilen, in Oesterreich bis höchstens auf 60 — 70 ausgedehnt.

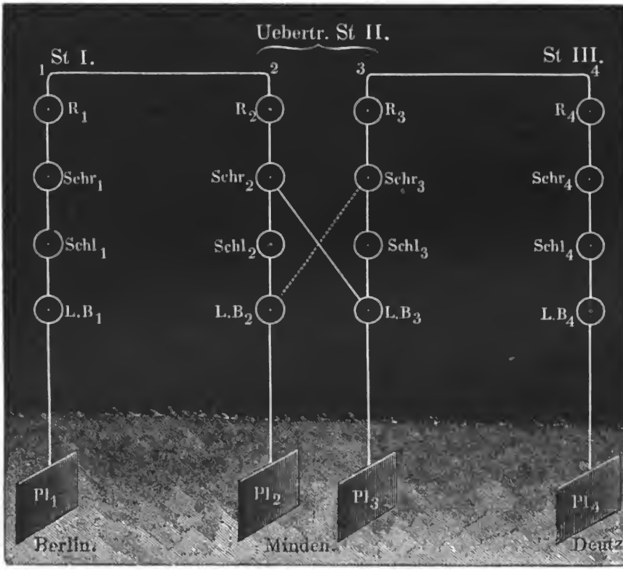
Ist daher eine Telegraphen-Linie, z. B. von Berlin bis Brüssel, zu groß, um zwischen den Endstationen eine directe Correspondenz mit Sicherheit zu bewerkstelligen, so wird die ganze Linie in mehrere kleinere Theile zerlegt, welche für sich abgeschlossene Linien bilden und deren Endstationen wie in Fig. 97 mit dem Boden abschließen. Die Linie Berlin-Brüssel zerfällt z. B. in die für sich bestehenden drei Partialketten Berlin-Minden, Minden-Deutz, Deutz-Brüssel. Die Stationen, wo die Enden zweier Partialketten zusammentreffen (Minden, Deutz), erhalten dann natürlich zwei vollständige Morse'sche Apparate, von denen der eine in der linken, der andere in der rechten Partialkette eingeschaltet ist.

Auf diesen Stationen, welche Uebertragungsstationen genannt werden, fand anfänglich ein Umtelegraphiren statt, indem der eine Apparat die in der einen Partialkette (Berlin-Minden) ankommende Depesche aufnahm und der andere Apparat dieselbe in der nächsten Partialkette (Minden-Deutz) weitergab. Dieses Letztere konnte offenbar nur dadurch ausgeführt werden, daß dieselben Stromwirkungen und Pausen (Punkte, Striche und Lücken), welche der Empfangs-Apparat erhielt, einem zweiten an dem anderen Apparate stehenden, Telegraphisten sofort mitgetheilt und von diesem durch die Manipulation mit seinem Schlüssel in der nächsten Partialkette weitergegeben wurden. Daß dieses Verfahren sehr zeitraubend war und mit vielen Irrungen seitens der Beamten verbunden sein mußte, liegt auf der Hand. Man kam daher sehr bald auf den Gedanken, die Arbeit des Umtelegraphirens, statt durch einen zweiten Telegraphisten, gleich durch den Apparat selbst ausführen zu lassen. Es hat gleichwohl mehrerer Jahre bedurft, um diesen Gedanken bis zu dem Grade der heutigen Vollkommenheit verwirklichen zu können.

Um eine klare Vorstellung von dieser Selbstübertragung zu gewinnen, stelle man sich in der schematischen Fig. 98 zwischen *St. I* und *St. II*, sowie zwischen *St. II* und *St. III* zwei in der Uebertragungsstation *II* zusamtreffende Partialketten (Berlin-Minden, Minden-Deutz) vor; *I* und *III* haben einen, *II* zwei vollständige Morse'sche Apparate mit Relais; *R* bezeichnet Relais, *Schr.* Schreib-Apparat, *Schl.* Schlüssel, *L. B.* Leitungs-Batterie; die Local-Batterie ist weggelassen. Die Art und Weise der Einschaltung der zusammengehörigen Apparate 1 und 2, sowie von 3 und 4 ist in allen Theilen so, wie es die Fig. 93 angiebt und wie sie im Vorigen stets

als die Morse'sche Einschaltungsweise behandelt ist. Die $L.B_1$ reicht in ihrer normalen Stärke zum sicheren Betriebe des correspondirenden Apparates 2 nur bis *St. II*, und umgekehrt $L.B_2$ nur bis *St. I*; ebenso hat $L.B_3$ aus-

Fig. 98.



reichende Kraft bis auf die Entfernung *III*, sowie umgekehrt LB_4 bis *II* reicht. Bekanntlich wirken die Leitungsbatterien nur auf die Relais der Gegenstationen und kommen durch Niederdrücken der Schlüssel zum Schlusse.

Geht demnach von *St. I* eine Depesche ab in der Richtung *I, II, III*, so kommt dieselbe in *St. II* auf dem Apparate 2 an. Hier setzt sich zunächst der Relaishebel R_2 (*B* in Fig 93) und in Folge davon unter Einwirkung der Local-Batterie auch der Schreibhebel $Schr_2$ (*d* in Fig. 93) in Bewegung.

Soll nun die auf dem Schreib-Apparat $Schr_2$ ankommende Depesche nicht durch einen zweiten Telegraphisten auf dem Apparate 3, also durch die Operation mit dem Schlüssel $Schl_3$ nach *St. III* weiter gegeben werden, soll vielmehr der Apparat in *II* selbstthätig die Depeschen Zeichen nach Zeichen wie sie eben ankommen, nach *III* fortgeben: so kann dazu nur die Bewegung

des Relaishebels R_2 oder die des Schreibhebels $Schr_2$ benutzt werden; denn weitere Bewegungen sind auf *II* nicht vorhanden. Auch müssen diese Bewegungen so verwendet werden, daß sie dasselbe ausführen, was durch die Manipulation des $Schl_3$ bewirkt werden würde, nämlich ein Schließen und Oeffnen der $L. B_3$ behufs der Entsendung eines Stromes nach *St. III.*

Die Untersuchung, welche von den beiden Bewegungen des Relaishebels oder des Schreibhebels die geeignetste ist, gehört nicht hierhin: in der Praxis wird nur die letztere benutzt. Demnach muß der Schreibhebel $Schr_2$ in eine solche Verbindung mit der $L. B_3$ gebracht werden können, daß er durch seine ab- und aufwärtsgehende Bewegung zugleich die Leit-Batterie $L. B_3$ schließe oder öffne, überhaupt die Functionen des Schlüssels $Schl_3$ vertrete. Diese Verbindung ist in der Fig. 98 vorläufig durch einen Querstrich angedeutet.

Soll nun eine Depesche direct von *I* nach *III* gehen, so wird dieses zuerst der *St. II* gemeldet, welche sofort die Verbindung zwischen $Schr_2$ und $L. B_3$ herstellt. Giebt hierauf *St. I* einen Punkt (durch momentanen Druck des $Schl_1$), so bewegt sich momentan der Schreibhebel $Schr_2$ auf *St. II* und bekommt diesen Punkt. Durch diese Bewegung wird die Leit-Batterie $L. B_3$ momentan geschlossen, der Strom eilt nach *St. III*, umkreiset dort, wie bekannt, das R_4, dieses wirkt momentan auf den $Schr_4$ und die *St. III* empfängt ebenfalls einen Punkt. — Hätte die *St. I* einen Strich (durch längeren Druck auf $Schl_1$) gegeben, so würde $Schr_2$ die $L. B_3$ länger geschlossen halten, und in Folge davon der *St. III* ebenfalls einen Strich zutelegraphirt haben.

Man sieht sofort, daß auf diese Weise der Schreibhebel $Schr_2$ der Uebertragungsstation die Functionen eines zweiten Telegraphisten versieht, daß bei der äußerst großen Geschwindigkeit, mit welcher die Elektro-Magnete den Magnetismus annehmen und fahren lassen, fast in demselben Augenblicke, wo in *I* der Schlüssel gedrückt und in *II* der Schreibhebel $Schr_2$ bewegt, also auch die Leit.-Batterie $L. B_3$ geschlossen wird, der Schreibhebel in *III* in Bewegung kommt, und ein Zeitverlust also kaum bemerkbar ist.

Ebenso begreift man, daß *St. III* eine solche Uebertragungsstation werden kann, wenn sich ihr eine dritte Partialkette anschließt, wie dieses in Deutz wirklich der Fall ist, und daß in diesem Falle eine von Berlin abgehende Depesche zwar in den Uebertragungsstationen Minden und Deutz sich niederschreibt, aber von Minden ohne den geringsten Aufenthalt und ohne Zuthun eines Telegraphisten sich nach Deutz und ebenso sich von Deutz nach Brüssel fortpflanzt. Jede Leitungs-Batterie bleibt dabei in den Gränzen ihrer Wirksamkeit, jede wirkt nur in der ihr angewiesenen Partialkette; die Berliner Batterie wirkt nur bis nach Minden und spannt hier die nach Deutz wirkende neue Batterie vor; diese wirkt nur bis nach Deutz und spannt hier die nach Brüssel wirkende neue Batterie vor u. s. w.

Auf diese Weise werden Correspondenzen zwischen den entlegensten Punkten, z. B. zwischen Venedig und Hamburg, Triest und Berlin, Berlin und London, vermittelt. Damit in der umgekehrten Richtung von *St. III* nach *St. I* in derselben Weise operirt werden könne, müssen natürlich die beiden auf der Uebertragungsstation stehenden Schreibhebel mit den Leitungs-Batterien der nicht zugehörigen Ketten verbunden werden können, es ist daher in der Figur auch eine Verbindung zwischen $Schr_3$ und $L.B_2$ durch den punktirten Querstrich angedeutet.

Die auf die eben bezeichnete Art eingerichteten Apparate werden Translatoren genannt.

So einfach indessen auch das Princip der Translation ist, nach welchem die Uebertragungsstationen einzurichten und die beiden Apparate desselben in gegenseitigen Zusammenhang zu bringen sind, so stellen sich doch bei dem Versuche, dasselbe zur Ausführung zu bringen, vielerlei Schwierigkeiten ein, die hauptsächlich daraus entspringen, daß die beiden Apparate 2, 3 (Fig. 98) der Uebertragungsstation nicht bloß als Translatoren wirken, sondern auch unabhängig von einander sein müssen, wenn sie bloß stationsweise beziehlich nach *I* und *III* hin arbeiten sollen.

Halske hat zuerst das angestrebte Ziel vollständig sicher erreicht; aber seine Einschaltungsweise hatte die Unbequemlichkeit, daß die empfangende Station nicht eher antworten konnte, bis auf ein vorher gegebenes Zeichen die Uebertragungsstation ein Wechseln zweier Kurbeln vorgenommen hatte. Sein System war übrigens bis vor einiger Zeit auf allen Uebertragungsstationen Preußens in Anwendung.

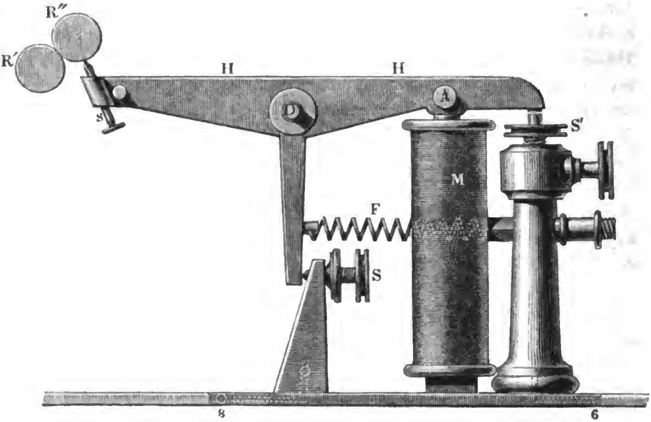
Steinheil war es vorbehalten, die Translation auf eine noch höhere Stufe der Vollkommenheit zu erheben. Durch Hinzufügen eines neuen Contactes am Schreibhebel und entsprechende Drahtschaltung gelang es ihm, die umständliche Umschaltung der Kurbeln beim Wechseln der Richtungen überflüssig und dadurch die Uebertragung bei Weitem freier zu machen.

80. Der Steinheil'sche Translator auf den Uebertragungsstationen.

Fig. 99 (a. f. S.) zeigt die Veränderung am Schreibhebel. *M* ist der Elektro-Magnet, *A* sein Anker, *HH* der Schreibhebel mit dem Stifte *s*, *R'*, *R''* die Walzen, welche das Papier zwischen sich durchziehen, *F* die Abreißfeder. — *S'* ist hierbei eine Contactschraube, welche mit der Messingsäule, worauf sie ruht, von allen Theilen des Werkes durch eine Elfenbeinunterlage isolirt ist und durch einen Draht nur mit der Klemme 6 in Verbindung steht. Dasselbe ist der Fall mit der Schraube *S*, gegen welche im Ruhezustande der abwärts gerichtete Arm des Schreibhebels anlehnt; sie steht mit der Klemme 8 und im Ruhezustande nur noch mit dem Hebel *HH* in

Berührung. Letzterer steht wie in der Figur 87 mit dem ganzen Metallkörper des Werkes bleibend im Contacte.

Fig. 99.

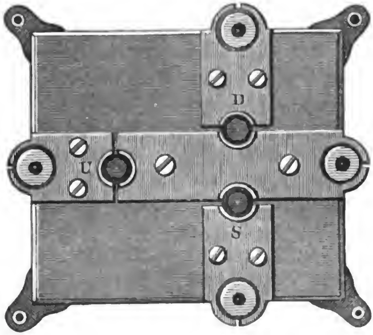


Die Fig. 100 (s. zwischen S. 172 u. 173) giebt hiernach die Verbindung zweier Morse'scher Apparate einer Uebertragungsstation in schematischer Darstellung, wie sie gegenwärtig auf allen Staats-Telegraphen-Linien in Preußen und in Oesterreich vorkommt. 2 und 3 bezeichnen wieder die vollständigen Apparate mit dem in Fig. 98 und 93 angenommenen Bezeichnungen. Man bemerkt auf beiden Apparat-Tischen außer den gewöhnlichen Theilen *Rel.*, *Schr.*, *Schl. G.*, *L.B* und *O.B* noch einen Nottebohm'schen Umschalter mit den drei Stöpsel-Löchern *D* (Direct), *U* (Uebertragung), *S* (Stationsstellung) und die aus der Fig. 99 sich ergebende Contactvorrichtung am Schreibhebel.

Die Fig. 101 zeigt den Umschalter in halber natürlicher Größe; seine Einschaltung ist aus der Fig. 100 vollständig ersichtlich. Es wird immer nur ein Loch zugesetzt. Am Schreibhebel *Schr.* steht die Klemme 7, welche mit der *U* Schiene des Umschalters verbunden ist, durch den Metallkörper des ganzen Werkes *Schr.* in fortwährender Verbindung mit dem Schreibhebel. Letzterer aber lehnt im Ruhezustande, durch die Abreißfeder *F* (Fig. 99) angezogen, fortwährend gegen die Contactschraube *S* und steht also mit der Klemme 8 in Verbindung. Nur wenn der Schreibhebel angezogen wird, wird die Leitung bei *S* unterbrochen, dagegen bei *S′* hergestellt.

Im Ruhezustande steht also 7 durch den Schreibhebel mit 8, im Falle des Ankeranzuges steht 7 durch den Schreibhebel mit 6 in Verbindung.

Fig. 101.



Die an der rechten Seite der Tische verzeichneten Vierecke bedeuten Drahtklemmen, von denen *I* und *I*, *II* und *II* verbunden sind.

L. bezeichnet den von links (Berlin), *L..* den von rechts (Deutz) zur Uebertragungsstation (Minden) ankommenden Leitungsdraht.

Der Umschalter gestattet 3 Stellungen, wird aber allemal auf beiden Apparat-Tischen in gleicher Weise gestellt.

I. Stöpsel auf *D*; directe Correspondenz.

Ein von links (Berlin) kommender Strom gelangt von *L.* zum Apparat 2 und über G_2 und den Stöpsel *D* durch den Verbindungsdraht D_1 in die *D* Schiene des Apparates 3 und über den Stöpsel *D* und durch G_3 in *L..* zur anderen Station (Deutz) weiter, ohne die Apparate der Uebertragungsstation zu berühren.

In dieser Stellung, in welcher eine Vereinigung der beiden Partialketten zu einer sehr langen einzigen Kette stattfindet, haben die Telegraphisten die Galvanometer zu beobachten und sich wieder in die Stationsstellung *II* umzuschalten, wenn ein dauernder Ausschlag der Nadel das Ende der directen Correspondenz anzeigt.

Von dieser Stellung kann bei langen Partialketten kein Gebrauch gemacht werden, da die Vereinigung beider eine zu lange Einzelkette giebt, als daß darin die Correspondenz noch mit der erforderlichen Sicherheit vermittelt werden kann.

II. Stöpsel auf *S*; Stations-Correspondenz.

Beide Apparate bilden die Endstationen zweier Linien und es findet für jeden derselben das in §. 74 Gesagte in allen seinen Theilen statt.

Der durch *L.* kommende Strom geht in der Richtung G_2, *S*, zum *b* des $Schl_2$, hier über *i*, *a*, zum *m* des Rel_2 über *m'* und *E* zur Erde, und durch die Erde nach der links gelegenen Station zurück. Da das Rel_2 vom Strome umkreiset wird, so erhält der Apparat 2 Schrift.

Umgekehrt giebt derselbe durch die Manipulation mit dem $Schl_2$ der links liegenden Station Strom und daher Schrift. Kommt nämlich durch Niederdrücken des Schlüssels $Schl_2$ *C* mit *d* in Contact, so sendet die $L.B_2$ ihren negativen Strom in der Richtung *Z*, *g*, *d*, *C*, *b*, Stöpsel *S*, G_2, *L.* zu der links liegenden Station, umkreiset dort das Relais und geht durch den hinteren Contact *i* des Schlüssels zur Erde (wie Fig. 93 zeigt), durch die Erde gelangt er wieder zu der Pl_2 und von da zum *K* Pole der $L.B_2$ zurück.

Ganz dasselbe findet statt für den Apparat 3 und die Leitung *L..* Die ganze Linie zerfällt daher in zwei völlig getrennte Partialketten; Apparat 2 arbeitet nur in der Leitung *L.* nach links hin, Apparat 3 in der Leitung *L..* nur nach rechts hin.

III. Stöpsel auf *U*; Uebertragungs-Correspondenz oder Translation.

1) Die links liegende Anfangs-Station (Berlin) der einen Partialkette will vermittelst Uebertragung (in Minden) nach der rechts liegenden Endstation (Deutz) der anderen Partialkette correspondiren.

Der Strom kommt durch *L.* zur Uebertragungsstation, geht durch G_2 über *U* in der stark gezeichneten Richtung nach 7 des $Schr_2$, durch den Schreibhebel nach 8 (s. Fig. 99) und zur Klemme *II* *), durch den Draht *II* nach der Klemme *II* des Apparates 3, hier zu *m* des Rel_3, umkreiset dessen Elektro-Magneten, geht über *m* nach *E* und zur Erde, um durch die Erde nach der Anfangs-Station (Berlin) zurückzukehren.

Auf der Uebertragungsstation (Minden) wird also das in der Leitung *L..* arbeitende Rel_3 afficirt; seine Ankeranziehung bewirkt bekanntlich den Schluß der örtlichen Batterie $O.B_3$, diese bringt den Ankeranzug des $Schr_3$ zu Wege, es wird der Contact zwischen 7 und 8 aufgehoben und zwischen 6 und 7 hergestellt (vergl. oben Fig. 99), demgemäß aber die $L.B_3$, welche nach rechts hin arbeitet, geschlossen. Ihr Strom circulirt sofort vom *K* Pole

---

*) Er umgeht also den Apparat 2 gänzlich.

in der punktirt gestrichelten Richtung nach 6, durch den Contact S' und den Schreibhebel nach 7, über U und G_3 nach L.. und zur links liegenden Station (Deutz); hier umkreiset er, wie bekannt, das Relais und geht über den hinteren Contact (i) des dortigen Schlüssels zur Erde; durch die Erde kommt er nach der Uebertragungsstation (Minden) zurück, tritt in die pl_3 und zum Z Pol zurück.

Der in Berlin entsendete Strom geht also nur bis Minden, veranlaßt dort ohne Beihülfe eines Telegraphisten eine Bewegung des Rel_3 und den Schluß der $L.B_3$, welche nun ihrerseits den Strom nach Deutz sendet, um dort einen Punkt zu geben, wenn Berlin einen solchen gab, und einen Strich zu machen, wenn der Berliner Schlüssel denselben machte. Ueberhaupt sieht man sofort, daß zunächst das Mindener Rel_3, und in Folge davon auch der Mindener $Schr_3$ alle Bewegungen des Berliner Schlüssels nachmachen und daß folglich auch, da der Mindener $Schr_3$ von selbst ganz dieselben Bewegungen macht, wie der $Schl_3$ sie unter der Hand des Telegraphisten machen würde, diese Bewegungen durch das Schließen und Oeffnen der $L.B_3$ in der Leitung L.. sich nach Deutz hin fortpflanzen müssen.

Auch ist sofort verständlich, daß, wenn in Deutz dieselben Uebertragungs-Apparate aufgestellt sind, wie wir sie hier in Minden verfolgt haben, die Bewegungen in Deutz ohne Beihülfe eines Telegraphisten durch Vorspann der nach Brüssel arbeitenden Batterie sich bis nach dieser Station hin u. s. w. fortpflanzen werden und demnach eine directe Correspondenz ohne Umtelegraphiren stattfindet zwischen Berlin und Brüssel oder Berlin und London u. s. w.

2) Die rechts liegende Anfangsstation (Deutz) der einen Partialkette will vermittelst Uebertragung (in Minden) nach der links liegenden Endstation (Berlin) der anderen Partialkette correspondiren.

Da alle Theile der beiden Apparate 2 und 3 auf ganze gleiche Weise unter einander und mit dem Umschalter verbunden sind, so findet bei der Correspondenz in umgekehrter Richtung ganz derselbe Stromlauf, nur in umgekehrter Richtung statt.

Der Deutzer Strom kommt durch L.. zur Uebertragungsstation (Minden), nimmt hier die Richtung $G_3, U, 7$, Schreibhebel, 8, durch Draht I zum Apparate 2, hier durch Klemme I, mm' des Rel_2, E, Pl_2 zur Erde und durch die Erde zurück nach Deutz. — Der Ankeranzug des Rel_2 im Apparat 2 veranlaßt Schluß der $O.B_2$, daher Ankeranzug in $Schr_2$, Trennung des Contactes S und 8 und Herstellung des Contactes S' und 6, in Folge hiervon aber Schluß der nach Berlin hin wirkenden $L.B_2$. Der negative Strom derselben circulirt in der Richtung: Z Pol, 6, S', Schreibhebel von $Schr_2$, 7, U, G_2 L. nach Berlin, umkreiset daselbst das Relais und giebt Schrift, kehrt über den

hinteren Contact (i) des Schlüssels zur Erde und durch dieselbe nach Minden zurück, wo er in pl_2 anlangt und zum K Pol zurückkehrt.

Der Deutzer Strom gelangt also ebenfalls nur bis Minden, bewirkt dort den Ankeranzug in $Schr_2$ und schließt dadurch die nach Berlin wirkende $L.B_2$. Giebt Deutz einen Punkt, so dauert der Ankeranzug im $Schr_2$ nur einen Augenblick, die $L.B_2$ wird ebenfalls nur einen Moment geschlossen, Berlin erhält also auch einen Punkt. So lange überhaupt Deutz den Schlüssel niedergedrückt hält, bleibt der Contact zwischen S' und 6 in $Schr_2$ zu Minden und dadurch die $L.B_2$ daselbst geschlossen; Berlin erhält also einen dieser Zeitdauer entsprechenden Strich.

Aus dem Vorstehenden geht hervor, daß die Uebertragungsstation immer dieselbe Schrift mit erhält, welche von der Anfangsstation für die Endstation gegeben wird. Giebt Deutz eine Depesche nach Berlin, so wird sie auch in Minden auf dem Apparate 2 gelesen; giebt Berlin eine Depesche nach Deutz, so entsteht dieselbe in Minden auf dem Apparate 3; überhaupt erhält also jede in einer langen Linie befindliche Uebertragungsstation die Depesche. Es wäre sehr leicht, eine Einschaltung zu treffen, wonach die Uebertragungsstationen die durchgehenden Depeschen nicht mitlesen; indessen liegt gerade in dem Mitlesen ein Vortheil für die Sicherheit der Translation. Kommt nämlich auf der Uebertragungsstation die Schrift undeutlich, so muß in Folge des unsicheren Ganges des Schreibhebels auch der Schluß der nach der Gegenstation arbeitenden Leitungs-Batterie unsicher erfolgen und die Schrift auf letzterer noch undeutlicher werden. In diesem Falle aber regulirt der Telegraphist der Uebertragungsstation sofort die Relaisfeder des arbeitenden Apparates, spannt sie an, wenn der Strom zu stark ist, läßt sie nach, wenn er zu schwach ist; bei richtig gestellter Abreißfeder im Relais muß dann die Schrift bestimmt ankommen, der Schreibhebel hat dann seinen richtigen Gang, er schließt die Leitungsbatterie mit der erforderlichen Sicherheit in den angemessenen Intervallen und die Gegenstation erhält deutliche Schrift.

Während der Uebertragungs-Correspondenz beobachtet der Telegraphist der Uebertragungsstation die fortwährend zuckenden Galvanometernadeln seiner beiden Apparate; erhalten sie einen 1 Minute lang dauernden starken Ausschlag, so ist damit das Ende der Translation angezeigt und er hat sich aus der Translationsstellung (*III*) durch Versetzen der beiden Stöpsel auf S in die Stationsstellung umzuschalten. Oesterreich hat gegenwärtig acht Uebertragungsstationen zu Verona, Triest, Wien, Oderberg, Bodenbach, Salzburg, Pesth und Lovrin. Preußen hat deren in Deutz, Minden u. a. O.

3. Der Doppelstift-Apparat.

81. **Die Doppelstifte von Stöhrer und Siemens.** — Um die für die Schriftsprache nothwendigsten und unentbehrlichsten Charaktere zu erhalten, müssen bei dem Morse'schen Apparate nicht selten 6 Grundzeichen neben einander gesetzt werden. Das Alphabet wird hierdurch nicht nur sehr unbehülflich, es hat auch namentlich den Nachtheil, durch die Abgabe so vieler Zeichen ein nicht unbedeutendes Zeitmaß in Anspruch zu nehmen. Stöhrer stellte es sich daher zur Aufgabe, das Alphabet kürzer herzustellen. Zu dem Ende brachte er an dem bekannten Morse'schen Schreibapparate zwei Elektro-Magnete an, welche durch den Schluß der örtlichen Batterie in Thätigkeit gesetzt wurden, je nachdem der von der Gegenstation kommende Strom die Leitung in der einen oder in der entgegengesetzten Richtung durchströmte. An dem Anker eines jeden Schreib-Magneten ist ganz wie beim Morse'schen Apparat ein Schreibarm so geführt, daß die Schreibstifte dicht neben einander unter derselben Frictionswalze liegen. Der in Thätigkeit gesetzte Schreibapparat macht also zwei Reihen von Punkten und Strichen auf dem Papierstreifen und giebt dadurch eine doppelte Anzahl von Elementarzeichen, indem man jetzt die Punkte und Striche auch noch dadurch unterscheidet, ob sie in der oberen oder in der unteren Reihe liegen. Stöhrer stehen also nicht zwei, sondern vier Elementarzeichen zu Gebot und sein Alphabet hat den Vorzug, daß sich dieselbe Anzahl von Charakteren in viel kürzerer Zeit geben läßt, als dieses mit den gleichlautenden Morse'schen der Fall ist. Das von ihm selbst angeordnete und gegenwärtig noch in Sachsen und in Baiern gebräuchliche Alphabet für die deutsche Correspondenz ist folgendes:

a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m	n
		·			—·	·—	·	·	··	·		
—	—·	—	·—	·			··		·	··	···	··

o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	ch
···	—		··	·	·	—	·	· ·	·—·	— —	·	·
	·	·—·		·	·		—	·		·	· ·	···

sch	und	ist	der	die	das
	··		·	··	·
··—	·	····	—·	—	— ·

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	—	—	—		· ·	—		—	—
—	·	··	···	— —	—	—	—··	· ·	—

Punkt	Komma	Schlußzeichen	Fragezeichen	Klammer	Anführungsz.
....	— —	— — —	— —	....	— —
			. . .	— .	...

Strichpunkt	Ausrufungszeichen	§	=	ç	neue Zeile.
— —	...	. .	..	..—	— — —
	.	. .	..		. .

Wenn man die Zeit, welche während des Gebens eines Punktes verfließt, als Einheit rechnet, so kommt auf den Strich die Zeit 2. Das folgende Wort zeigt nun, wie man bei dem Doppelstift-Apparate weniger Zeit gebraucht, als bei dem Einstift:

Mittelst Doppelstift:

	.		..	.	..	.	.	.	.			.
.	..	.	.	.			—		.	—	.	.
E	l	e	k	t	r	i	c	i	t	a	e	t

24 Zeittheile.

Mittelst Einstift:

.	.—..	.	—.—	—	.—.	..	—.—.	..	—	.—.—	—
E	l	e	k	t	r	i	c	i	t	ä	t

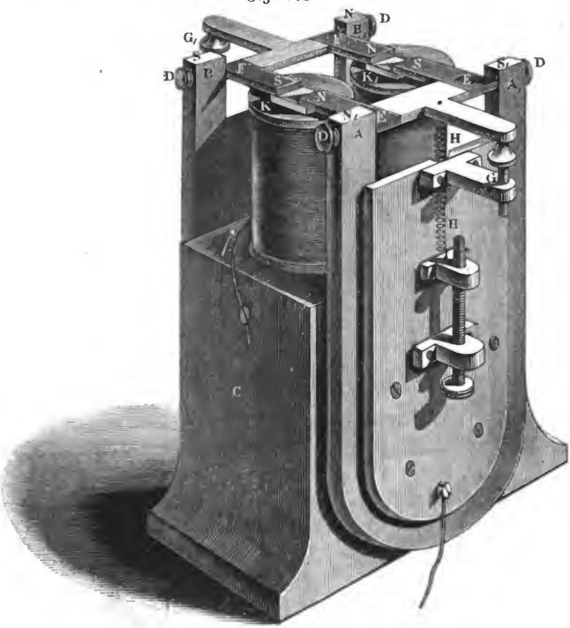
38 Zeittheile.

Der Schreibapparat des Doppelstiftes unterscheidet sich von dem Einstifte nur dadurch, daß er zwei Elektro-Magnete hat, von denen jeder seinen eigenen Schreibhebel nebst Stift besitzt. Die letzteren liegen nahe neben einander und liegen gerade unter den beiden in der Frictionswelle eingegrabenen Rillen. Alles Uebrige ist wie beim Einstifte.

Das Relais ist dagegen sehr verschieden von dem des Einstiftes, indem seine Aufgabe darin besteht, den Strom bald zu dem einen, bald zu dem anderen Elektro-Magneten des Schreibapparates hinzuführen und demzufolge bald den einen, bald den anderen Schreibhebel zum Anzuge zu bringen. Letzteres erreichte Stöhrer durch die folgende in Fig. 102 dargestellte Einrichtung: AA_1, BB_1 sind zwei aufrecht stehende Hufeisen-Magnete von Stahl, welche an einem Postamente von Stein C isolirt von einander befestigt sind. Die Pole derselben sind so vertheilt, daß die ungleichnamigen einander gegenüber liegen. Die Pole sind durchbohrt und tragen 4 Spitzenschrauben D, zwischen deren gehärteten Spitzen die Ankerstücke EE, FF leicht beweglich angebracht sind. Eine Verlängerung der Ankerstücke nach hinten stützt sich auf die Stellschrauben GG_1, auf welche jene durch die Kraft einer Spiralfeder H beständig herabgezogen werden.

Zwischen beiden Magneten, ebenfalls auf dem Stein C isolirt, steht der Elektro-Magnet $K K_1$, dessen Pole in längliche Vierecke endigen und auf der Oberfläche mit Platina belegt sind. Die Ankerstücke E und F sind nur zum Theil von Eisen, der mittlere, nicht schattirte Theil, sowie der nach hinten gehende Arm sind von Messing. Die schattirten, in unmittelbarer Nähe der Magnetpole $A A_1$, $B B_1$ befindlichen Ankerstücke EE, FF sind nun eben-

Fig. 102.



falls Magnete *) und zwar so, daß die von den Nordpolen A und B_1 abgekehrten Enden ebenfalls Nordpole (NN), die von den Südpolen A_1 und B

*) Bringt man ein Stück Eisen in die Nähe eines Magnetpols, so wird es selbst magnetisch, und zwar ist das dem Pole zugekehrte Ende ungleichnamig, das abgekehrte Ende gleichnamig polarisirt. (Magnetische Vertheilung oder Induction.)

abgekehrten Enden Südpole (SS) bilden. Durch Regulirung mittelst der Schrauben G und der Federn H können die Ankerstücke in jede beliebige Nähe zu den darunter befindlichen Polplatten KK_1 gebracht werden. Geht nun ein von der entfernten Station kommender Strom in einer bestimmten Richtung, z. B. in der des Pfeiles, durch die Windungen des Elektro-Magneten KK_1, so werden die Eisenkerne in einer bestimmten Weise magnetisch polarisirt, z. B. K wird Nordpol, K_1 Südpol. In diesem Falle aber werden die Ankerstücke FF, nach dem physikalischen Gesetze, daß die ungleichnamigen Pole sich anziehen, von K und K_1 angezogen, während zugleich die anderen Anker EE nach dem Gesetze, daß gleichnamige Pole sich abstoßen, von K und K_1 abgestoßen werden, diesem Antriebe aber nicht Folge leisten können, da der hintere Arm von der Schraube G aufgehalten wird. Durch diese Bewegung des Ankers FF wird die örtliche Batterie, wie wir sogleich sehen werden, so geschlossen, daß ihr Strom um den einen Schreib-Magneten circulirt.

Geht dagegen der von der Gegenstation kommende Strom in umgekehrter Richtung durch die Windungen des Elektro-Magneten, so erhalten dessen Eisenkerne auch umgekehrte Pole, so daß also K ein Südpol, K_1 ein Nordpol wird. Nun aber werden die Anker EE angezogen und FF abgestoßen, ohne daß letztere wegen der Schraube G_1 diesem Antriebe nachgeben. Durch diese Bewegung des Ankers EE wird abermals die örtliche Batterie geschlossen, jedoch so, daß ihr Strom um den anderen Schreib-Magneten circulirt. Man hat also nur nöthig, die beiden Drahtenden des Elektro-Magneten KK_1 mit der Leitung und der Erde, sowie die Schreib-Magnete einerseits mit der örtlichen Batterie und andererseits mit je einem der beiden Anker F und E in Verbindung zu bringen und einen Schlüssel aufzustellen, durch welchen man den Strom der Leitungs-Batterie nach Belieben bald in der einen, bald in der entgegengesetzten Richtung durch die Leitung senden kann.

Der Stöhrer'sche Doppelstift-Apparat hat hiernach in seiner einfachsten Gestalt folgende in Fig. 103 schematisch dargestellte Einrichtung: MM, $M'M'$ sind die beiden Schreib-Magnete, A, A' ihre Anker, H, H' deren Schreibhebel. — *Rel.* ist das Relais in der oberen Ansicht (vergl. Fig. 102); D das die beiden Eisenkerne K, K' verbindende eiserne Querstück, welches also immer mit K, K' leitend verbunden ist, während die Ankerstücke EE, FF nur dann mit diesen Theilen in Contact treten, wenn sie von den darunter liegenden Polflächen K, K' angezogen sind. — *Schl.* ist der Schlüssel, in Fig. 104 in der Seitenansicht dargestellt; er besteht aus zwei, um die metallenen Wirbel d, d' drehbaren Metalltasten l (linke) und r (rechte). Die unter dem Vordertheil liegenden, in der Figur punktirt gezeichneten Federn pressen die Tasten, so lange sie nicht gedrückt werden, mit ihren hinteren Enden gegen die Metallschienen oo; wird aber eine Taste

Fig. 103.

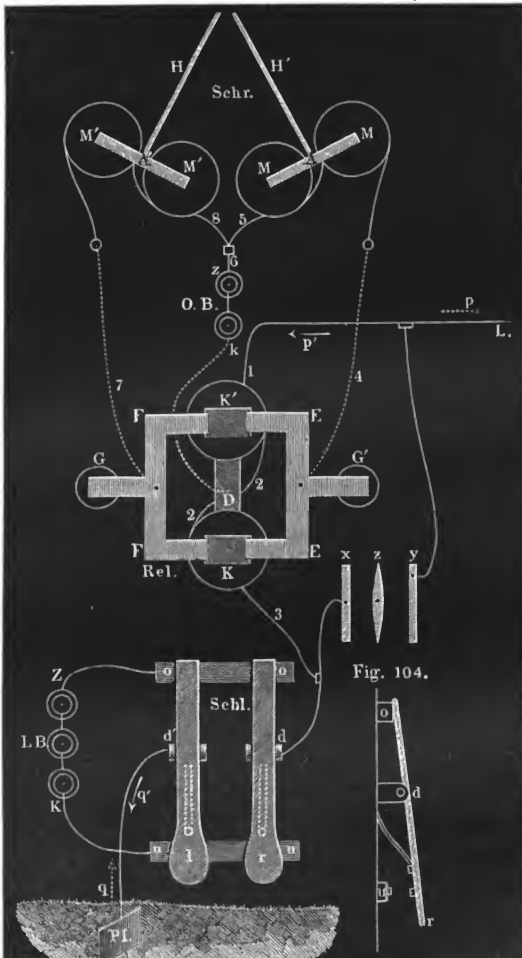


Fig. 104.

gedrückt, so wird der hintere Contact aufgehoben und die Taste tritt mit der vorderen Metallschiene *u u* in Verbindung. Die Pole der Leitungs-Batterie *L.B.* sind beziehlich an *o o* und *u u* befestigt; der Wirbel *d'* steht mit der Erdplatte, *d* mit dem einen Ende der Drahtwindung des Relais-Elektro-Magneten und zugleich mit dem Contactstücke *x* in Verbindung. Das andere Ende 1 der Drahtwindung des Relais-Elektro-Magneten führt zur Leitung *L*. Der eine Pol *k* der örtlichen Batterie *O.B.* führt zu *D* und steht also mit den Polflächen *KK'* in steter Verbindung, der andere Pol *z* führt zu jedem der Schreib-Magnete *M'* und *M*, deren andere Drahtenden beziehlich an die Ankerstücke *F* und *E* befestigt sind. Die Richtung des Localstromes ist auch hier punktirt gezeichnet. Die Leitung ist zugleich nach dem Contacte *y* abgezweigt und kann durch Drehung des Metallwirbels *z* direct mit *x* verbunden werden.

a. Der Apparat erhält Schrift.

Der Strom der Gegenstation kommt in einer bestimmten Richtung, z. B. *p'* durch *L*. in den Relais-Elektro-Magneten, umkreiset denselben in der Richtung 1, 2, 3 und geht über *d*, die *o* Schiene und *d'* in der Richtung *q'* zur Erdplatte, endlich durch die Erde nach der Gegenstation zurück.

Die Polflächen *KK'* ziehen demnach nur eines der Ankerstücke, z. B. *EE* an, das andere *FF* wird abgestoßen. Demnach wird die *O.B.* geschlossen und der Localstrom in der Richtung *k*, *D*, *KK'*, *EE*, 4, 5, 6, *z* um den Schreib-Magneten *MM* geführt. Der Schreibhebel *H* führt also seine Bewegung aus. Sendet aber die Gegenstation einen Strom von entgegengesetzter Richtung (*p*), oder führt sie den positiven Strom statt durch die Leitung durch die Erde, so tritt derselbe bei *Pl.* in die Station und geht in der Richtung *q*, *d'*, *o* Schiene, *d* in entgegengesetzter Richtung 3, 2, 1 durch das Relais und durch die Leitung *L* in der Richtung *p* zur Gegenstation zurück. Der Relais-Elektro-Magnet erhält hierdurch entgegengesetzte Pole, das früher abgestoßene Ankerstück *FF* wird jetzt angezogen, die *O.B.* dadurch ebenfalls geschlossen, aber ihr Strom in der Richtung *k*, *D*, *KK'*, *FF*, 7, 8, 6, *z* um den Schreib-Magneten *M'M'* geführt. Jetzt führt also der Schreibhebel *H'* seine Bewegung aus.

Je nachdem also die arbeitende Gegenstation ihren Strom in der einen oder der anderen Richtung versendet, schreibt der eine oder der andere Hebel, und die Schrift entsteht in zwei Reihen.

b. Der Apparat giebt Schrift.

In diesem Falle wird eine der beiden Tasten gedrückt. Wird die Taste *r* gedrückt, so geht der Strom der *L.B.* in der Richtung *K*, *u*, *r*, *d*, 3, 2, 1,

p, *L* durch die Leitung in der Richtung des Pfeiles *p* nach der Gegenstation, bewirkt dort, wie eben unter a. gezeigt worden, die Bewegung des einen Schreibstiftes, gelangt zur Erde, durch die Erde zurück und von *Pl.* in der Richtung *q*, *d'*, *l*, *o* zum *Z* Pol zurück.

Wird die Taste *l* gedrückt, so geht der Strom der *L. B.* in der Richtung *K*, *u*, *l*, *d'* in der Richtung des Pfeiles *q'* zur Erde, durch die Erde nach der Gegenstation, umkreiset dort das Relais in der entgegengesetzten Richtung und veranlaßt, wie unter a. gezeigt ist, die Bewegung des anderen Schreibstiftes, gelangt in die Leitung und durch dieselbe in der Richtung *p'*, 1, 2, 3, *d*, *o* zum *Z* Pol zurück.

Die Handhabung des Schlüssels *Schl.* bewirkt also die verschiedene Richtung des Stromes; ein momentaner Druck auf *l* macht auf der Gegenstation einen oberen Punkt, ein Druck auf *r* giebt ebendaselbst einen unteren Punkt, und so entstehen durch abwechselndes Drücken dieser Tasten die oben angegebenen Charaktere des Stöhrer'schen Alphabetes. —

Man sieht, daß bei dieser Drahtschaltung die arbeitende Station immer Schrift miterhält, da der Elektro-Magnet ihres Relais von ihrem Strom umkreiset ist. Soll dieses nicht geschehen und, wie bei dem Morse'schen Einstift, nur die empfangende Station Schrift erhalten, so wird durch Umlegen des Wirbels *z* der Contact zwischen *x* und *y* hergestellt und die Leitung *L* mit dem Schlüssel in directe Verbindung gesetzt. Das Relais ist dadurch ausgeschlossen und bleibt während des Arbeitens in Ruhe.

Siemens hat ebenfalls Doppelstift-Apparate construirt; sein Relais hat entschiedene Vortheile vor dem in Fig. 102 abgebildeten Stöhrer'schen.

4. Die Typendruck-Telegraphen.

82. Man hat sich nicht damit begnügt, die telegraphischen Charaktere in Zeichen oder Chiffern auf einem ablaufenden Papierstreifen abzudrucken; die Mechanik hat sich bereits an dem Höchsten, wir möchten sagen, an dem Ideal der telegraphischen Schreibweise versucht und Apparate von großer Vollendung und nicht ohne praktische Anwendbarkeit hergestellt, welche die Depesche mit dicht neben einander stehenden, an den erforderlichen Stellen aber (dem Wortende) durch eine Lücke von einander getrennten Buchstaben in der Form der großen römischen Buchstaben gedruckt liefern. Die fertige Depesche liest sich also auf dem Papierstreifen wie gewöhnlicher Letterndruck ab.

Brett in London und fast zugleich die vielgenannten Siemens und Halske in Berlin haben sich mit der Construction dieser Druck-Telegraphen beschäftigt. Jener hat seinen Apparat eine Zeit lang zwischen Paris und London spielen lassen, ohne ihn jedoch bis zu dem Grade einer völlig sicheren Brauchbarkeit ausgebildet zu haben. Der Mechanismus ist sehr sinnreich, aber leider

zu complicirt, als daß er auf die Dauer in ordnungsmäßigen, die Sicherheit der Correspondenz garantirenden Zustande erhalten werden könnte. Einfacher und solider ist das Werk von Siemens und Halske, welches die Probe auf praktische Brauchbarkeit besser bestanden hat, als das vorige. Bei den Versuchen zwischen Berlin und Stettin, sowie auf russischen Linien hat der Apparat seine Dienste gethan; gleichwohl kommt er zur Zeit noch nicht im größeren Maßstabe zur Anwendung. Obgleich er kein Uhrwerk enthält, wie der Brett'sche Druckapparat, so ist doch der Mechanismus zu verwickelt, als daß wir hier näher darauf eingehen könnten, und müssen wir dieserhalb auf das in kürzester Frist nachfolgende ausführlichere Lehrbuch der Telegraphie verweisen, wo die Druck-Telegraphen ihre Stelle gebührend einnehmen werden.

5. Die chemischen Telegraphen.

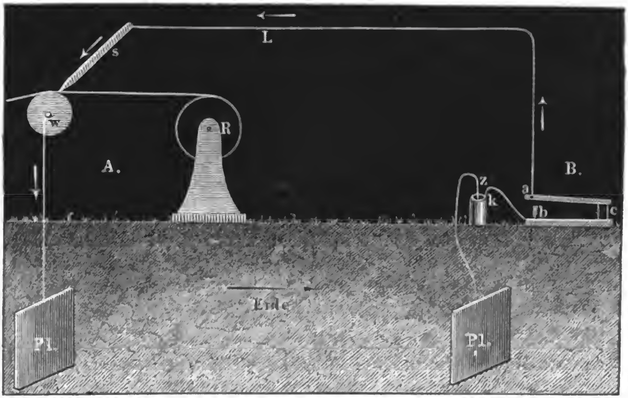
83. Es ist bereits in §. 26 hervorgehoben, daß die zusammengesetzten Körper unter gewissen Umständen durch den galvanischen Strom in ihre Bestandtheile zerlegt werden. Die verschiedenen Körper verhalten sich jedoch in dieser Beziehung sehr ungleich, indem einige von ihnen nur unter dem Einflusse von kräftigen Strömen zersetzt werden, andere dagegen so empfindlich sind, daß auch die schwächsten Ströme hinreichen, um eine Trennung ihrer Bestandtheile und ein Ausscheiden derselben an den Polenden der Batterie hervorzubringen. Von den ersten Versuchen Sömmering's und Davy's, die chemischen Effecte galvanischer Ströme zum Telegraphiren zu benutzen, ist ebenfalls schon (§. 48 und §. 57) die Rede gewesen, sowie nachgewiesen wurde, daß ihre Apparate für den praktischen Gebrauch untauglich waren und daher ohne Anwendung geblieben sind.

Bain war der Erste, der einen elektro-chemischen Telegraphen von praktischer Brauchbarkeit construirte. Sein Patent für England datirt aus dem Jahre 1843 und sein Apparat arbeitet gegenwärtig noch in England zwischen London-Manchester-Liverpool, und in Amerika auf einer Strecke von mehr als 500 geographischen Meilen. Außer Bain haben sich besonders Bakewell, Stöhrer, Siemens-Halske und Gintl mit der Herstellung chemischer Telegraphen beschäftigt und es hat der Apparat des Letzteren gegenwärtig viele Aussicht auf eine große Verbreitung.

Um das Princip, auf welchem die chemischen Telegraphen beruhen, richtig aufzufassen, stelle man sich in der Fig. 105 unter *A* unter *B* zwei getrennte Telegraphen-Stationen vor, die durch eine Drahtleitung *L* mit einander verbunden sind. Auf *A* stehe eine Papierrolle *R*, wie sie bei dem Morse'schen Telegraphen vorhanden ist, und eine metallene Walze *w*, welche durch ein Uhrwerk bewegt wird und über welche der Papierstreifen so hin-

wegläuft, daß er immer mit der Walze in Berührung bleibt. Den Papierstreifen denke man sich etwas angefeuchtet, so daß er den galvanischen Strom leitet, und mit einer Masse imprägnirt, welche nicht nur im feuchten Zustande durch den Strom sehr leicht zersetzt wird, sondern deren

Fig. 105.



Zersetzungsproducte auch durch ihre dunkle Färbung dem Auge sofort sichtbar werden. Welche Stoffe sich hierzu besonders eignen, wird sich aus dem Folgenden ergeben. Die Walze *w* wird durch den Erddraht mit der Erdplatte der Station *A* in Verbindung gebracht. *s* bezeichnet einen Metallstift, der ununterbrochen auf dem Papier liegt und dieses sanft gegen die Walze andrückt. Auf der anderen Station *B* denke man sich die Batterie *zk* und einen Drücker *abc* zum Schließen der Batterie, z. B. von der Art, wie er S 84, Fig. 48 *S* vorkommt. Die Einschaltung desselben in die Leitung ergiebt sich sofort aus der Zeichnung.

Ist nun in *A* das Papier in Bewegung und auf Station *B* wird der Drücker geschlossen, so daß *a* mit *b* in Berührung kommt, so circulirt der Strom der Batterie *zk* in der Richtung der beigesetzten Pfeile und dringt auf Station *A* durch das leitende Papier und das darin enthaltene chemische Präparat. Letzteres wird sofort zersetzt und das Product der Zersetzung als gefärbte Masse dem Auge sichtbar. Es erhellt sofort, daß ein einmaliges momentanes Drücken des Drückers auf Station *A* einen Punkt, ein länger anhaltendes Drücken aber eine entsprechend lange gefärbte Linie erzeugt und daß in dieser Form der Apparat seine Depeschen durch Punkte und Striche

in ähnlicher Weise, nur gefärbt, und daher für das Auge leicht lesbar geben wird, wie sie der Morse'sche Telegraph durch Eindrücke in das Papier zu Stande bringt.

84. **Bakewell's chemischer Telegraph.** Die Londoner illustrirte Zeitung vom 23. November 1850 theilt eine von Bakewell neu erfundene Anwendung der galvanischen Elektricität auf die Telegraphie mit, welche des einfachen Principes wegen auf den ersten Augenblick die größte Aufmerksamkeit auf sich zieht, näher ins Auge gefaßt, aber für die praktische Anwendung nicht unerhebliche Schwierigkeiten mit sich führt.

Der beschriebene Apparat (Telegraph) besteht aus einer metallenen Walze, welche durch ein Uhrwerk regelmäßig und sehr rasch herumgedreht wird; am Ende dieser Walze sitzt auf derselben Axe ein Zahnrad, welches in ein davor liegendes zweites Zahnrad eingreift. Dieses zweite Zahnrad sitzt auf einer Schraubenspindel, welche parallel neben der Walze in Lagern liegt, sich also mit der Walze zugleich, jedoch nach entgegengesetzter Richtung, bewegt.

Auf der Schraubenspindel bewegt sich eine lose angeklemmte gespaltene Schraubenmutter, die einen isolirten Arm, an der Spitze mit einer Klemme für einen stählernen Griffel versehen, trägt. Dieser Griffel liegt mit seiner Spitze auf der Walze und beschreibt bei der Bewegung durch das Uhrwerk eine enge Spirallinie auf derselben. Von dem positiven Pol einer galvanischen Batterie führt ein Leitungsdraht nach dem metallenen Griffel, während einerseits von der Metallwalze eine Leitungsfeder mit dem Leitungsdrahte nach der entfernten Station verbunden ist, andererseits der negative Pol der Batterie an die Erdplatte führt. Ein Bogen Papier, angefeuchtet mit einer Auflösung von blausaurem Eisenkali und versetzt mit Salzsäure, wird um die metallene Walze gelegt, um den Apparat zur Aufnahme einer Depesche vorzubereiten. Auf der correspondirenden Station befindet sich eine ganz gleiche Vorrichtung, nur wird auf dieser Station der Bogen Papier, ehe er auf die dortige Walze gelegt wird, mit der zu telegraphirenden Depesche mit einer isolirenden Tinte, z. B. mit Firniß 2c., in nicht zu kleinen Buchstaben beschrieben und mit der Auflösung des oben bezeichneten Blutlaugensalzes oder einer anderen gut leitenden Flüssigkeit gehörig befeuchtet.

Läßt man nun auf beiden Stationen die gleichmäßig gehenden Uhrwerke die Walzen bewegen, so strömt die Elektricität auf der ersten Station jedes Mal, wenn der Griffel auf der zweiten Station keinen Schriftzug trifft, von dem positiven Pol aus dem stählernen Griffel durch das Papier in die Walze u. s. w., erzeugt durch die Zersetzung des Präparates Berlinerblau, daher die obenerwähnte Spirallinie tief blau erscheint. So oft nun auf der zweiten Station der leitende Griffel einen isolirenden Schriftzug trifft, wird der galvanische Strom unterbrochen und die blaue Spirallinie auf der ersten

Station wird in demselben Verhältniß gleichfalls unterbrochen. Es bilden sich demnach auf der Empfangsstation die Schriftzüge weiß auf blauem Grunde.

Die Umständlichkeit des beschriebenen Verfahrens läßt, wie leicht einzusehen, noch sehr viel zu wünschen übrig, ehe Bakewell's Erfindung den Morse'schen Apparat zu ersetzen im Stande sein wird. Eine ähnliche, unter dem Namen Copir-Apparat bekannte telegraphische Vorrichtung von Bain hat sich bereits als unpraktisch erwiesen.

85. **Gintl's chemischer Telegraph** (Dingl. Journ. Bd. 131, S. 194) besteht im Wesentlichen aus den in Fig. 105 bereits erklärten Theilen und ist als solcher eine nicht unerhebliche Verbesserung und Vereinfachung des Morse'schen Telegraphen. Bei dem letzteren Apparate bedingt, wie aus dem Vorigen sich ergeben hat, jede Veränderung des in der Leitungskette circulirenden Stromes auch eine entsprechende Aenderung in der Stellung des Ankers am Relais. Da nun aus mancherlei Gründen, besonders aber durch den Einfluß der atmosphärischen Elektricität zur Zeit der Gewitter, die Stromstärke einer und derselben Batterie sehr veränderlich ist, so muß fast vor der Aufnahme einer jeden aus der Ferne kommenden Depesche die Stellung des Ankers BB' am Relais (Fig. 90) vermittelst der Schraube h regulirt werden, was nur auf Kosten der Zeit geschehen kann.

Außerdem führt das Relais den Uebelstand mit sich, daß seine zahlreichen Drahtwindungen dem galvanischen Strome einen bedeutenden Widerstand entgegensetzen, welcher um so größer ausfällt, je mehr solcher Apparate in einer Telegraphenlinie enthalten sind. Es ist klar, daß in Folge hiervon die Batterien vergrößert werden müssen, bei sehr ausgedehnten Linien aber eine Gränze eintritt, über welche hinaus nicht mehr direct telegraphirt werden kann, wo dann die bereits besprochenen Translatoren zu Hülfe genommen werden müssen.

Um diese Uebelstände zu beseitigen, kam der österreichische Telegraphen-Director Dr. Gintl, nachdem vorher schon Stöhrer in einer ähnlichen, aber weniger einfachen Weise gelungene Versuche angestellt hatte, auf den Gedanken, das Relais ganz zu beseitigen und dafür in dem elektro-chemischen Princip ein nicht minder empfindliches, aber einfacher und verläßlicher wirkendes Hülfsmittel zur Erzeugung der Morse'schen Zeichen anzuwenden.

Indem Gintl mit dem Relais zugleich den zur Bewegung des Schreibstiftes dienenden Elektro-Magneten wegläßt und nur das aus zwei Walzen und den dazu gehörigen Zahnrädern bestehende Zugwerk zur Bewegung des Papierstreifens beibehält, führt er den Apparat bezüglich seiner mechanischen Einrichtung auf die einfachste Form zurück.

Anstatt des Hebels dd (Fig. 87), welcher am Morse'schen Apparate mittelst eines Elektro-Magneten (bb) in Bewegung gesetzt, um durch sein

Aufschnellen die Eindrücke in den Papierstreifen hervorzubringen, benutzt Gintl einen fein zugespitzten Metallstift von Kupfer, Messing, Stahl oder Eisen, welcher in schiefer Stellung an einem leicht verstellbaren Arm so angebracht ist, daß er einen halbrunden metallenen Steg, über welchen der Papierstreifen mittelst des Zugwerkes fortbewegt wird, nahezu berührt und gegen denselben leicht federnd drückt, wenn der Papierstreifen zwischen ihm und dem Metallstege hindurchgezogen wird.

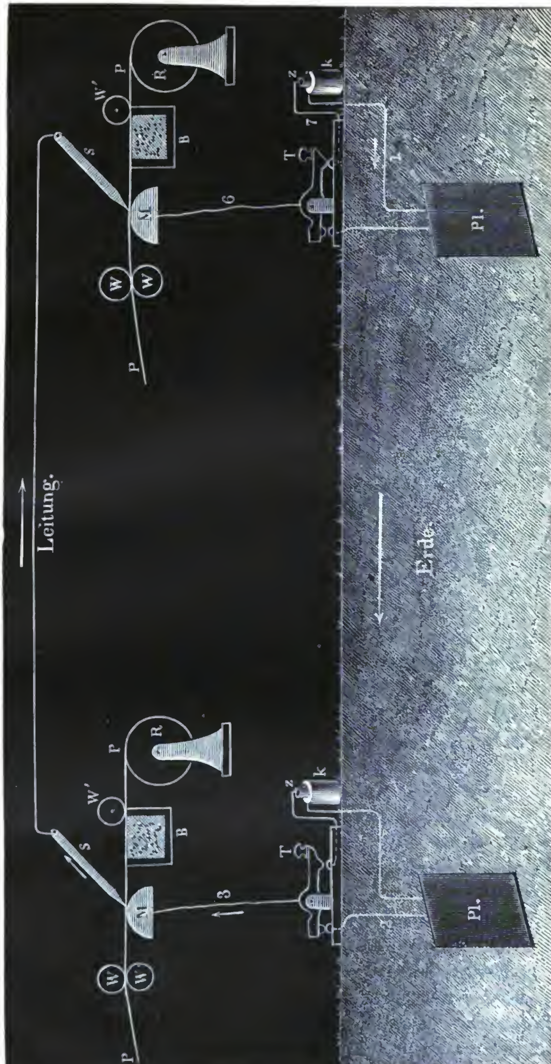
Die Fig. 106 zeigt schematisch den Zusammenhang dieser einzelnen Theile mit der Gegenstation. *WW* sind die zwei Walzen, welche ihre Bewegung wie beim Morse'schen Apparat durch das hier nicht verzeichnete Zugwerk erhalten und den Papierstreifen *PP* von der Rolle *R* über den Metallsteg *M* zwischen sich hindurchziehen; *s* ist der erwähnte, das Papier sanft gegen den Steg *M* andrückende Metallstift. Da der galvanische Strom von dem Stifte *s* zu dem Stege *M* durch das Papier hindurch übergehen muß, so darf letzteres der Circulation desselben nicht hinderlich entgegentreten, was es in seinem trockenen Zustande allerdings thun würde. Zu diesem Zwecke stellt Gintl ganz nahe dem Schreibstifte *s* ein mit der noch näher zu bezeichnenden Netzflüssigkeit gefülltes Gefäß *B* auf, in dessen Deckel ein glatt abgeschnittener Schwamm steckt, welcher, von der Flüssigkeit durchnäßt, den über seine obere Schnittfläche hingleitenden und gegen dieselbe von einer kleinen Walze *W'* sanft angedrückten ungeleimten Papierstreifen vollständig benetzt, so daß er in diesem Zustande unter den Schreibstift *s* tritt, und die dadurch erlangte Leitungsfähigkeit desselben dem galvanischen Strome den Uebergang vom Schreibstifte *s* in den Metallsteg *M* gestattet.

Da bei diesem Telegraphen die Zeichen auf dem Papierstreifen nicht, wie beim Morse'schen, durch bloßes Eindrücken des Schreibstiftes, sondern mittelst der vom elektrischen Strome zu bewirkenden chemischen Zersetzung einer farbig reagirenden Substanz hervorgebracht werden sollen, so muß der Papierstreifen früher mit dem entsprechenden Präparate imprägnirt, und daher auch die Annetzflüssigkeit im Gefäße *B* so gewählt werden, daß sie nicht allein das Papier für den elektrischen Strom in gehörigem Grade leitend macht, sondern auch bei ihrer gleichzeitig erfolgenden Zersetzung der eintretenden Reaction nicht entgegenwirkt, vielmehr wo möglich dieselbe noch unterstützt. Die Einschaltung dieser Theile in die Leitungskette und die Erde ist aus der Fig. 106 ohne Weiteres verständlich.

Von dem Morse'schen Apparate ist bloß noch das Zugwerk mit den Walzen *WW*, die Papierrolle *R* und der Schlüssel *T* vorhanden; das Relais, der Druckmagnet und die Localbatterie fehlen gänzlich.

Wird auf der in der Figur rechts liegenden Station der Taster *T* niedergedrückt und damit der Zinkpol *z* der Batterie mit dem Tasterhebel *T* in Contact gebracht, so geht der positive Strom von *k* aus durch 1 über *Pl.*

Fig. 106.



durch die Erde nach der links liegenden Station, hier über *Pl.* durch 2 und den hinteren Contact des Tasters und den Draht 3 zu dem Metallsteg *M*, durchdringt dann das Papier, welches auf ein vorhergegangenes Signal bereits in Bewegung ist, gelangt in den Stift *s* und geht durch den Leitungsdraht nach der rechts liegenden Station zurück, um hier auf dem Wege *s*, *M*, 6, *T*, 7 zum Zinkpol *z* zurückzukehren und den Kreislauf zu schließen.

Der galvanische Strom zersetzt das dem Papierstreifen imprägnirte chemische Reagens und bildet ein farbiges Product dicht unter dem Stifte *s*. Es entsteht ein farbiger Punkt, wenn der Taster nur auf einen Augenblick niedergedrückt wird, eine farbige Linie, wenn er etwas länger geschlossen bleibt.

Weil es aber überflüssig ist, die telegraphischen Zeichen auf dem Papierstreifen des Apparates der arbeitenden Station erscheinen zu lassen, so kann man daselbst den galvanischen Strom durch einen metallischen Nebenschluß von dem Schreibstifte unmittelbar in den Metallsteg leiten, wodurch der Papierstreifen an diesem Apparate ganz aus der Wirksamkeit des Stromes bleibt, und überdies der doppelte Vortheil erreicht wird, daß man sowohl an Papier spart, als auch den elektrischen Strom weniger schwächt.

Bei dem Morse'schen Apparat giebt sich der Anfang einer ankommenden Depesche durch das hörbare Klappern der Relais- und Schreibstifts-Anker zu erkennen. Da diese Theile bei dem chemischen Telegraphen nicht vorhanden sind, so müssen sie durch eine Signalglocke oder durch ein Galvanometer ersetzt werden. Stöhrer wendet Ersteres an und erhält dann hörbare Zeichen für den Anfang der Depesche; durch ein einfaches Umlegen einer Kurbel kann der Signal-Apparat ausgeschlossen und der Strom zu dem Schreibstift hingelenkt werden; soll ein Galvanometer denselben Dienst versehen, so muß dieses natürlich fortwährend von dem Telegraphisten beobachtet werden.

Was die zum Imprägniren des Papiers angewandten chemischen Reagentien angeht, so hat man deren bisher vorzugsweise zwei angewandt. Jodkalium in Verbindung mit Stärkekleister gehört zu den empfindlichsten elektro-chemischen Reagentien und liefert bei seiner Zersetzung durch den Strom eine violette Farbe. Nicht minder empfindlich fand Gintl eine Mischung von Cyankalium mit Salzsäure und einer gesättigten Kochsalzlösung, wobei jedoch der Schreibstift aus Eisen oder weichem Stahl bestehen muß. In diesem Falle giebt die durch den elektrischen Strom bewirkte Zersetzung der genannten Substanzen eine dunkelblaue, fast schwarze Farbe.

Im ersteren Falle wird das Papier mit einer Mischung imprägnirt, welche aus 1 Gewichtstheile Jodkalium, 20 Gewichtstheilen dick gekochtem Stärkekleister und 40 Gewichtstheilen Wasser besteht, und als Annetzflüssigkeit des trockenen Papierstreifens eine gesättigte Alaunlösung, oder sehr star-

verdünnte Schwefelsäure, oder noch besser eine Mischung von beiden Flüssigkeiten zu gleichen Theilen genommen, indem dadurch dem Papierstreifen ein bedeutender Grad von Leitungsfähigkeit ertheilt wird und die auf demselben durch die chemische Reaction des ausgeschiedenen Jods auf die Stärke hervorgebrachten Zeichen augenblicklich in schön violetter Farbe und ganz genau erscheinen.

Sollen dagegen die telegraphischen Zeichen in dunkelblauer Farbe erzeugt werden, so nimmt man nach Gintl zur Imprägnirung des Papierstreifens eine Mischung von 7 Gewichtstheilen Cyankalium, aufgelöst in 45 Gewichtstheilen Wasser, welchem 1 Gewichtstheil Salzsäure und 16 Gewichtstheile gesättigter Kochsalzlösung zugesetzt sind. Als Annetzflüssigkeit dient dann am besten eine nicht gesättigte Lösung von Kochsalz in Wasser oder in stark verdünnter Schwefelsäure. Der Papierstreifen wird dadurch sehr leitend und die telegraphischen Zeichen erscheinen anfänglich schwach, von bläulich grüner Farbe, werden aber in Zeit von kaum einer Minute dunkelblau und später beinahe blauschwarz.

In beiden Fällen verändert sich die Farbe der Zeichen ein wenig während des Antrocknens des Papierstreifens; die Aenderung der Farbe unterbleibt aber gänzlich, sobald das Papier trocken geworden ist.

Die Kosten des Imprägnirens sind unbedeutend und betragen, wenn man Jodkalium und Stärkekleister nimmt, für 1 Pfund Papier oder für einen 960 Fuß langen Streifen etwa 10 Sgr. Wird dagegen Cyankalium in Verbindung mit Salzsäure und Kochsalz angewandt, so betragen die Kosten für 1 Pfund Papier nur etwa $3^1/_3$ Sgr.

Die bei Gelegenheit der deutschen Telegraphen-Conferenz am 18. September 1853 in Berlin in Gegenwart der sämmtlichen Commissarien mit einem Gintl'schen Schreib-Apparate angestellten Versuche fielen sehr zu Gunsten desselben aus.

Es wurden zu diesem Behufe auf der Linie von Berlin nach Amsterdam — 105 Meilen Entfernung — sämmtliche Zwischen-Stationen ausgeschaltet, so daß die Linie eine ununterbrochene Kette bildete.

Außer dem chemischen Apparate wurde auf der Berliner Station ein gewöhnlicher Morse'scher Apparat in dieselbe Leitung eingeschaltet, und derselbe mittelst einer in Amsterdam angesetzten, aus 36 Elementen bestehenden Daniell'schen Batterie in Thätigkeit gesetzt. Die Schrift kam auf beiden Apparaten gut an. Nach und nach wurde die Zahl der Elemente auf sechs ermäßigt und auch da war die Schrift auf beiden Apparaten gleich gut. Bei weiterer Verringerung der Elemente bis auf vier war die Schrift auf dem chemischen Apparate zwar schwach, aber noch lesbar, bei dem Morse'schen dagegen nicht mehr verläßlich, und bei der Anwendung von nur drei Ele-

menten endlich hörte sowohl die Wirksamkeit des chemischen wie die des Morse'schen Apparates ganz auf.

Hieraus ergiebt sich für den elektro-chemischen Schreib-Telegraphen von Gintl eine etwas größere Tragweite als für den Morse'schen Apparat. Indeß ist zu erwähnen, daß der Versuch bei sehr günstiger Witterung stattfand; und es wurde die Befürchtung ausgesprochen, daß bei weniger günstiger Witterung das Ergebniß nicht so befriedigend sein möchte, weil alsdann häufige Störungen kaum ausbleiben dürften.

6. Die Eisenbahn-Läutewerke.

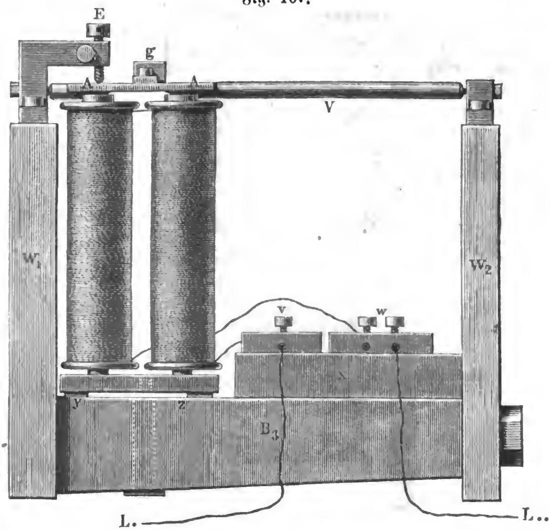
86. Zum sicheren Betriebe der Eisenbahnen sind meistens für die ganze Länge derselben eigene Wärter angestellt, welche darauf zu achten haben, daß sich die Bahn stets in einem fahrbaren Zustande befinde. Um diese namentlich vor dem Durchgange eines Zuges auf ihre Pflichten noch besonders aufmerksam zu machen, wurden fast überall an deutschen Bahnen einfache optische Telegraphen benutzt, welche die nothwendigen Zeichen geben konnten (s. §. 12). Da die sichere Fortpflanzung der letzteren aber oft durch ungünstige Witterung oder Nachlässigkeit der Wärter vereitelt wurde, so haben sich in neuerer Zeit viele Eisenbahnen entschlossen, außer diesen optischen Telegraphen noch die sogenannten Eisenbahn-Läutewerke einzuführen. In solchem Falle wurden die Wärter und die optischen Stationen stets bedeutend vermindert, ja einige Eisenbahnen ließen die letzteren in Folge dessen ganz fehlen.

Das Eisenbahn-Läutewerk ist aber nichts weiter, als ein in die Leitung eingeschalteter Elektro-Magnet, welcher nach Einwirkung des galvanischen Stromes seinen Anker anzieht und in Folge dessen einen sehr leicht eingehakten Hammer auslöst und fallen läßt, wodurch sich dann ein bis dahin arretirtes Laufwerk in Bewegung setzt. Das Laufwerk aber führt mit Hülfe seines Gewichtes eine gewisse Anzahl Schläge gegen große Glocken aus, hemmt hierauf allein seinen Gang und hebt zugleich den Fallhammer wieder, damit derselbe ohne weiteres Zuthun sich am Elektro-Magneten wieder einhaken kann, also von Neuem bereit ist, nach einer ferneren Einwirkung des Stromes das Läutewerk in Bewegung zu setzen.

87. **Das Eisenbahn-Läutewerk von Siemens und Halske.** Solcher Eisenbahn-Läutewerke sind verschiedene angegeben, alle mehr oder weniger einander gleich. Hier möge die specielle Beschreibung des von Siemens und Halske construirten, welches sich als besonders sicher bewährt hat, folgen.

Der Elektro-Magnet (Fig. 107) dient zur Lösung des Laufwerkes und steht auf einem der gußeisernen Querriegel B_3 des Gestelles, durch die zwei Holzstückchen y und z isolirt. Die Enden des Umwindungsdrahtes endigen in den Klemmen v, w, welche auf dem Holzklötzchen x stehen. Der

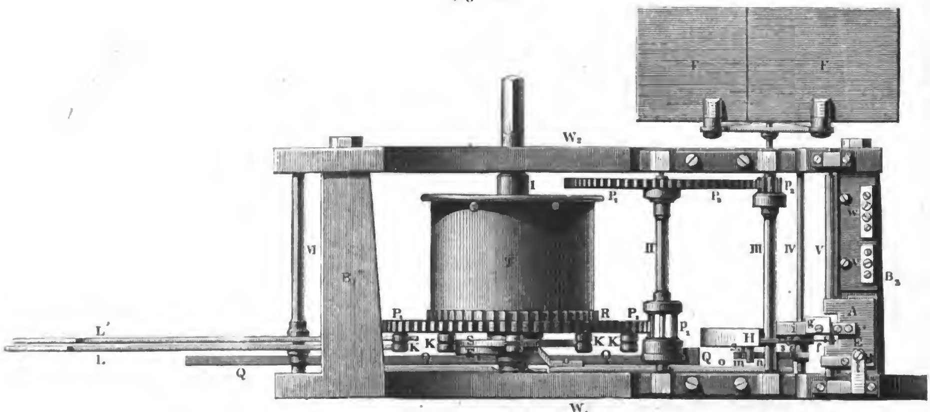
Fig. 107.



einen Theil der beweglichen Axe V vorstellende Anker A wird in seiner Bewegung nach oben durch die Schraube E gehemmt. Statt der Abreißfeder wirkt hier das Gegengewicht g, welches auf einem senkrecht gegen die Richtung AA angebrachten, aus dem Folgenden näher zu ersehenden Vierkant verschoben werden kann.

Fig. 108 (a. f. S.) stellt den Grundriß des Laufwerkes dar. Das gußeiserne Gestelle besteht aus zwei Wänden W_1 W_2, welche durch drei Riegel B_1 . . B_3 auseinandergehalten werden. Zwischen den Wänden befindet sich der Elektro-Magnet (unterhalb A auf Riegel B_3) und der Mechanismus des Laufwerkes eingesetzt. Der Anker A des Elektro-Magneten ist eine Platte und hat seine Drehaxe in V. Das Gegengewicht g ist auf dem Vierkante i verschiebbar. An letzterem befinden sich noch zwei Stifte 5 und 6. Stift 5 dient als Drehpunkt für einen kleinen sehr leicht beweglichen stählernen Arm f (man vergleiche stets die folgende Figur), welcher in einen Haken

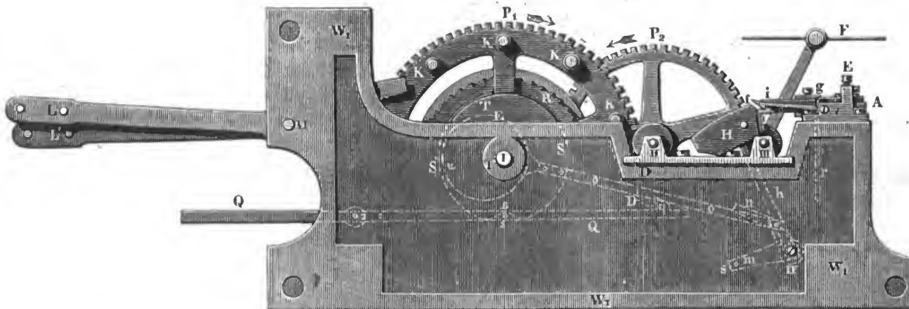
Fig. 108.



endigt, bestimmt zum Eingriff in den ähnlichen Haken des oben erwähnten Fallhammers *H*. Der Stift 6, befestigt an dem Fortsatze *i* des Ankers *A A*, dient als Mitnehmer und Auflager für den Arm *f*, hält denselben in wagerechter Lage und führt ihn bei jedem Ankerzuge zur Auslösung des Hammers in die Höhe (vergl. die Figuren 109 und 110).

Denken wir uns nun, um das Läutewerk irgendwo aufzustellen, den Leitungsdraht durchschnitten, die beiden Drahtenden der Leitung in die Klemmen *v*, *w* gespannt (Fig. 107), den Hammer *H* in das Häkchen von *f* eingehakt und demnächst einen gehörig starken galvanischen Strom um den Elektro-Magneten kreisend, so wird der Anker *A* (Fig. 108), dessen Drehpunkt in *V* liegt, angezogen,

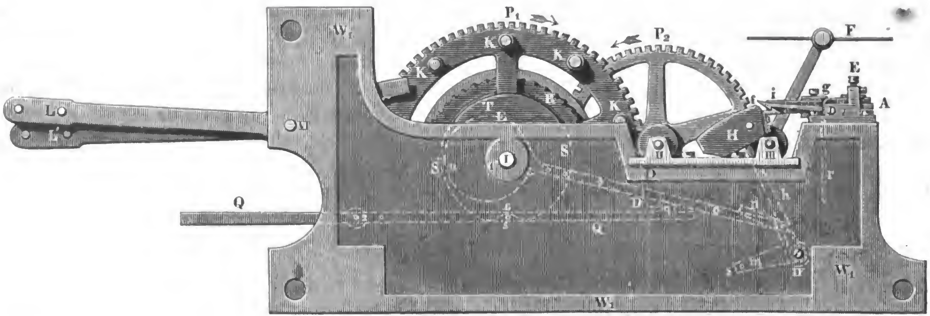
Fig. 109.



deshalb der Vierkant *i* und mit ihm das Aermchen *f*, wegen des Stiftes 6, in die Höhe gehoben. Das Häkchen des Hammers *H* wird gelöst und letzterer fällt zum Lösen des Laufwerkes nieder. Der Hammerstiel *h* dreht sich nämlich auf der Axe *IV* und hat in der eingehakten Lage eine fast senkrechte Stellung, daher ist zum Lösen der Verbindung des Hammers von dem Elektro-Magneten nur eine sehr geringe Kraft nöthig. Correctionen derselben werden durch Verschiebung des Gewichtes *g* ausgeführt. Wir kommen nun zum zweiten Theile, zur Beschreibung des Laufwerkes und seiner Verrichtungen.

Das **Laufwerk** (Fig. 108 und Fig. 109, welche letztere den Aufriß darstellt) als solches besteht aus der Hauptwelle *I*, auf welcher sich die gußeiserne Trommel *T* und das Stirnrad P_1 befinden. Wenn ein Gewicht im Angriff auf die Trommel das Stirnrad P_1 in Bewegung setzt, so greift letzteres in das Getriebe p_1 der nächsten Welle *II*, bewegt dadurch das auf dieser aufgesetzte Stirnrad P_2, das Rad P_2 wieder greift in das auf der Welle *III* sitzende Getriebe p_2 und treibt dadurch die an der Welle *III*

Fig. 110.



sitzenden Arme des Windflügels *FF*. Die Grundbedingung eines Laufwerkes ist somit erfüllt, die Bewegung ist eine gleichförmige geworden. Das abgelaufene Gewicht wird wie gewöhnlich mittelst einer besonderen Kurbel durch Drehung der Trommel aufgewunden. Das Sperrrad *R* der Trommel bewegt sich also mit derselben von links nach rechts, die Chorde wickelt sich auf, Sperrfeder und Sperrkeil, von P_1 eingreifend, verhindern wie gewöhnlich eine Bewegung im entgegengesetzten Sinne.

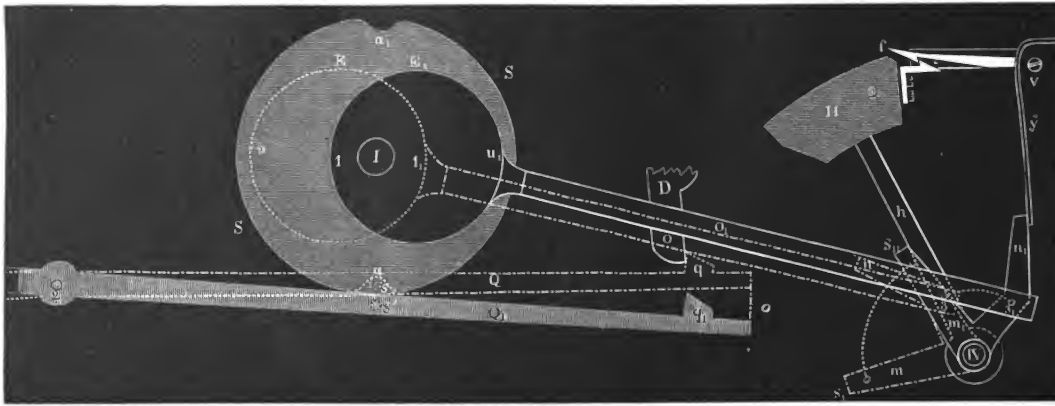
Das Läuten wird nun vorerst dadurch ausgeführt, daß zwei um die Welle *VI* drehbare Hebel LL_1 durch 10 Knöpfe *K*, welche am Umfange des Stirnrades P_1 sitzen, nach einander gehoben oder beziehlich niedergedrückt werden und dadurch wieder durch entsprechend verbundene Zugdrähte zwei Hämmer zum Anschlage gegen ihre Glocken bringen. Es müßte hiernach so lange läuten, bis das Laufwerk abgelaufen wäre; um dieses zu verhindern, ist die Selbstarretirung angebracht. Man bemerkt auf der Hauptwelle *I* (Fig. 110) die Scheibe *S*, an der Welle *II* aber den Daumen *D*. Gegen den Kranz von *S* wird der Arm *QQ*, welcher

um die Axe 2 beweglich ist, durch eine hinter demselben liegende, in der Figur nicht sichtbare Feder gepreßt. Er hat in der Höhe der Welle *II* einen Vorsprung oder Haken *q*, welcher während der Bewegung des Laufwerkes so weit abgedrückt ist, daß der rotirende Daumen *D* sich frei bewegen kann. Dies hört jedoch augenblicklich auf, sobald ein Stift *s*, welcher aus dem Arme *Q* in der Höhe der Welle *I* hervorragt, in einen Kranzausschnitt *a* der Scheibe *S* einfallen kann; denn dann bewegt sich rasch der Arm *Q* so weit nach oben, daß der Daumen *D* gegen den Haken *q* schlägt und die Bewegung der Axe *II*, also auch des ganzen Laufwerkes hemmt. Umgekehrt aber wird das Laufwerk augenblicklich wieder in Bewegung gesetzt, sobald der Arm *Q* niedergepreßt wird; denn dann gleitet die Scheibe *S* mit Hülfe des das ganze Laufwerk treibenden Gewichtes rasch über den fortgedrückten Stift *s*, der Arm *Q* wird nicht mehr in den Ausschnitt *a*, sondern an den Kranz der Scheibe *S* gelegt und der Daumen *D* kann sich wieder ungehindert bewegen, weil der Haken *q* ebenfalls niedergedrückt ist. Das Niederpressen des Armes *Q* wird aber durch den Fall des Hammers *H* ausgeführt, sobald derselbe durch den Anzug des Ankers *A* ausgelöst wird. Daraus erhellt, daß das Laufwerk und seine Thätigkeit allemal durch den Einfall des Stiftes *s* in den Einschnitt der Scheibe *S* und das dadurch hervorgebrachte Aufwärtsspringen des Zapfens *q* gehemmt wird, sobald die Hauptwelle *I* eine volle Umdrehung zurückgelegt hat und gleichzeitig durch die Knöpfe *K* jeder der Hebel *L* zehn Male gehoben ist, also im Ganzen 20 Glockenschläge ausgeführt worden sind.

Es bleibt nun noch zu zeigen übrig, wie durch die Bewegung des Laufwerkes auch nothwendig der heruntergefallene Hammer *H* wieder gehoben und in den mit dem Anker des Elektro-Magneten in Verbindung stehenden Sperrhaken eingehakt werden muß, damit er nach jedem Läuten ohne Weiteres wieder zur Auslösung des Laufwerkes geschickt und bereit ist. Es wird dieses durch eine besondere Hebelcombination ausgeführt.

Auf der Welle *IV* (Fig. 111 a. f. S.) bemerkt man eine Gabel, deren Arme *m* und *n* mit der Welle fest verbunden sind, so daß sie sich nur drehen können, wenn es die Welle thut. Der Hammer *H* dreht sich zwar um dieselbe Axe *IV*, ist aber nicht fest mit ihr verbunden. Auf dem Arme *m* sitzt ein Stift s_1, welcher als Träger oder Mitnehmer dient. Ist der Hammer niedergefallen, so befindet sich der Stift s_1 unter dem Hammerstiel *h* und er muß den Hammer in die Höhe heben, sobald der Arm *m* sich in Folge der Drehung der Welle *IV* nach oben bewegen sollte. Auf *n*, dem anderen Arme der Gabel, sieht man ebenfalls einen Stift 3, der als Verbindungs- und Drehpunkt der Arme *n* und *o* dient. Der letztgenannte Arm *o* geht zur Hauptwelle *I* und legt sich daselbst als Ring E_1 (Fig. 108) um das Excentricum *E* (Fig. 110), dessen Mittelpunkt daselbst in 1 liegt.

Fig. 111.



Wird nun durch das Herabsinken des Gewichtes die Axe I gedreht, so beschreibt der Mittelpunkt 1 des Excentricums allemal einen Kreis um I; dasselbe thut auch und zwar als größten Kreis der Punkt u der Peripherie von E. Fig. 110 stellt den Punkt u links in horizontalem Durchmesser gelegen vor, wobei der Arm m der Gabel möglichst nach unten gedrückt ist. Man denke sich nun aber allmälig den Punkt u entgegengesetzt von der Axe I angelangt, nach u_1 (Fig. 111), so ist dadurch gleichzeitig auch der Arm o rechts bis u_1 zurückgeschoben. Da aber die Punkte I und IV nicht verschiebbar sind, sondern nur eine Axenbewegung gestatten, so wird die kleine Axe 3 nachgeben und bogenförmig sich nach rechts bis 3_1 bewegen; dadurch wird aber gleichzeitig der Arm m ansteigen und so den etwa auf dem Mitnehmer s_1 liegenden Hammer H bis zum Eingriffe des Hakens f aufheben.

Ist nach der halben Umdrehung der Hauptwelle I diese Arbeit ausgeführt, so beschreibt absteigend der Punkt u_1 den unteren Halbkreis zurück bis zum Ausgangspunkte, der Arm o folgt wieder nach links und die Gabelarme $n_1 m_1$ nehmen, rückwärts ihren Bogen beschreibend, die Lage $n m$ der Fig. 110 wieder ein.

Die zuerst von Leonhard in Anwendung gebrachten Läutewerke, welche nach dessen Tode von Kramer vielfach ausgeführt worden sind, unterscheiden sich von dem Siemens-Halske'schen besonders dadurch, daß eine weit größere Kraft zu ihrer Auslösung erforderlich ist. Es hat dieses namentlich darin seinen Grund, daß bei den Siemens-Halske'schen Läutewerken die Auslösung des schweren Werkes durch den Schlag eines fallenden Hammers ausgeführt wird. Da durch die fast senkrechte Stellung des Hammers das Gewicht desselben größtentheils äquilibrirt ist, so ist nur eine sehr geringe Kraft nöthig, um den Hammer frei zu machen. Der Haken selbst wird durch einen Schlag, den der Anker des Magnetes auf ihn im letzten Moment seiner Bewegung ausübt, ausgelöst, mithin viel leichter und sicherer, wie bei der Auslösung durch einen Druck. Bei den Leonhard'schen Läutewerken ist dagegen das ganze Gewicht des an der letzten Welle arretirten Laufwerkes auf den Anker gestützt, und die Anziehung desselben muß die Unterstützung direct aufheben. Es liegt auf der Hand, daß die hierzu nöthige Kraft größer ausfallen muß, als es bei den Siemens-Halske'schen Läutewerken der Fall ist.

Die Eisenbahn-Läutewerke sind bis dahin meist in den Wärterbuden so angebracht, daß das Laufwerk innerhalb der Bude über der Thür oder seitwärts derselben befestigt ist, die beiden in einander gestellten Glocken aber *) auf dem Dache der Bude stehen.

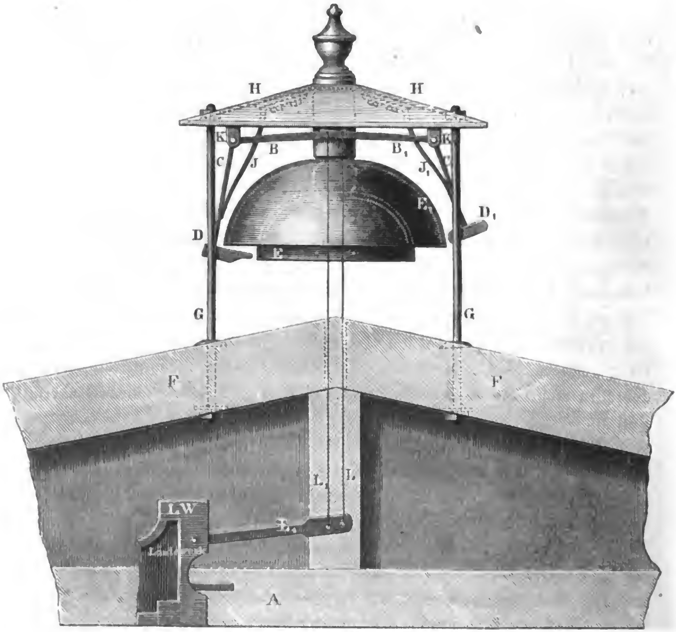
Fig. 112 (a. f. S.) zeigt die Aufstellung und die specielle Verbindung des Läutewerkes $L W$ mit den Zugdrähten $L L'$ und den beiden Glocken E und E'. Das Läutewerk selbst steht innerhalb der Wärterbude auf dem Balken A. Auf dem Budendache FF sind die vier eisernen Eckfäulen $G G$ mit ihrem Dache HH aufgeschraubt. Unter dem letzteren sind die beiden Federn $J J_1$ angesetzt, welche so gegen die Hämmerarme $C C_1$ pressen, daß für gewöhnlich die Hammerstücke $D D_1$ von ihren Glocken etwas abstehen.

Die Arme $C C_1$ sind an den Drehpunkten $K K_1$ mit den Zugarmen $B B_1$ verbunden, an diese endlich sind die Zugdrähte $L L_1$ befestigt. Sobald nun das Läutewerk $L W$ gelöst ist, so zieht dasselbe bekanntlich die Hebel $L L'$ (Fig. 110) abwechselnd nieder, welche dann ihrerseits dasselbe durch die Zugdrähte $L L_1$ an den Armen $B B_1$ thun. In Folge dessen bewegen sich aber die

*) Die Kramer'schen Läutewerke haben nur eine Glocke, was auch ausreichend ist.

Hämmer DD' von den Federn JJ_1 ab nach außen und fallen, sobald die Zugdrähte LL_1 nicht mehr ziehen, durch ihre Schwere auf die Federn JJ_1 zurück, welche sich vermöge ihrer Elasticität noch so weit nach innen zu durchbiegen, bis die Hämmer DD_1 gegen ihre Glocken EE_1 angeschlagen haben.

Fig. 112.



Der Wärter hat also nichts weiter zu thun, als zur rechten Zeit das Gewicht wieder aufzuwinden und dann und wann mittelst Klauenfett die Axenlager und die Peripherien der gezahnten Räder zu befeuchten.

Der zum Anzuge des Magnet-Ankers nöthige Strom wird am sichersten für den Betrieb nicht von einer, sondern von beiden Stationen gegeben. Die Vorkehrungen hierzu sind sehr verschieden; bald werden dazu eigene große Batterien genommen, bald aber nur die Batterien beider Sprech-Apparate componirt; bald haben die Läutewerke eine besondere Drahtleitung, bald sind sie in die für die Telegraphen-Apparate bestimmte Leitung eingeschaltet. In letzterem Falle cursirt der Sprechstrom immer durch die Elektro-Magnete der Läute-

werke, ohne jedoch die Anker derselben zum Anzuge zu bringen, weil er hierzu nicht Kraft genug besitzt. Soll dann geläutet werden, so wird durch den Druck auf einen Knopf eine neue starke Batterie, die Läutebatterie, eingeschaltet und der so verstärkte Strom vermag die Läutewerke auszulösen und in Thätigkeit zu versetzen.

88. **Das Siemens=Halske'sche Eisenbahn=Läutewerk in Verbindung mit dem Thürcontacte als Stationswecker.** — So nützlich, ja unentbehrlich die Einführung elektrischer Telegraphenlinien für den schnellen und sicheren Betrieb der Eisenbahnen auch werden mußte, so konnten sie den Beamten derselben doch kaum eine angenehme Zugabe sein, weil sie nun gehalten waren, auch in den Pausen, wo keine Züge eintrafen, stets ihre Aufmerksamkeit auf den Telegraphen=Apparat zu wenden, um zu jeder Zeit eine etwa verlangte Auskunft u. s. w. ertheilen zu können. Unter solchen Umständen war ein Verlassen der Bureaus also kaum ausführbar.

Diese große Unbequemlichkeit im Telegraphendienste hat Halske auf eine eben so einfache, wie sinnreiche Weise vollständig beseitigt. Er stellte im Eisenbahn=Bureau das im §. 64 beschriebene Zeigerwerk, außerhalb desselben aber eine große Glocke mit dem soeben beschriebenen Läutewerk entweder auf dem Dache oder auf einer Console an der Wand des Gebäudes auf. Sobald der das Bureau verlassende Beamte die Thür desselben nur verschließt, ist durch einen besonderen Mechanismus, Thürcontact genannt, auch das Läutewerk eingeschaltet, und der Apparat der Gegenstation setzt dieses in Bewegung, sobald diese überhaupt mit der so eingeschalteten Station in Correspondenz treten will oder sie aufruft. Die große Glocke aber ist überall hörbar, sowohl in der Wohnung des Beamten, als auch außerhalb des Bahnhofes. Eine besondere Beaufsichtigung des Apparates ist nun nicht mehr nöthig. Wird in Folge dieses Aufrufes die Bureauthür aufgeschlossen, so ist dadurch von selbst der Zeiger=Apparat eingeschlossen und das Läutewerk außer Thätigkeit.

Da das Läutewerk bekannt ist, so haben wir nur noch den Thürcontact und die Einschaltungen der genannten Theile näher zu betrachten.

Der Thürcontact besteht aus der messingenen Platte P (Fig. 113 Vorderansicht, Fig. 114 Seitenansicht, a. f. S.), auf welcher unmittelbar, also leitend verbunden, die Klemme n und die Contactkurbel C sitzen. Eine Feder f drückt die Contactschraube der Kurbel C in der Ruhestellung gegen die isolirte Contactfeder i; es steht somit in dieser Lage n mit i in leitender Verbindung, nicht aber, wenn die Kurbel C von der Contactfeder i abgedrückt wird.

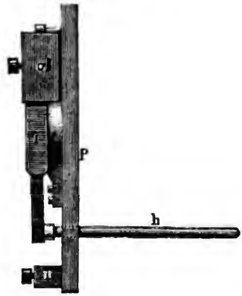
Dieser kleine Apparat befindet sich innerhalb eines Holzkästchens dem

Schloß gegenüber in der Thürbekleidung so eingesetzt, daß ein auf dem Ende der Kurbel *C* senkrecht stehender Arm *h* durch den Schloßriegel zurückgeschoben

Fig. 113.



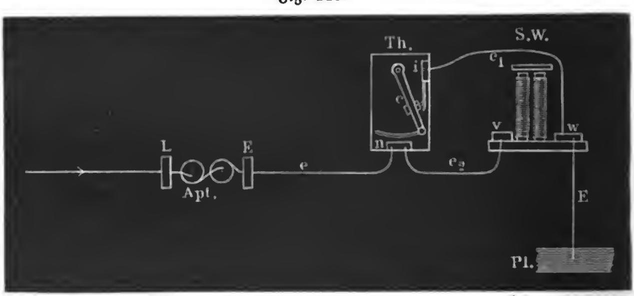
Fig. 114.



werden muß, sobald die Thür zugeschlosse wird. Durch das Zurückschieben des Armes *h* wird aber der Contact der Kurbel *C* von *i* abbewegt, also auch, wie bereits erklärt, die Leitung zwischen den Klemmen *i* und *n* unterbrochen.

Die Einschaltung dieses Thürcontactes ist nun aus dem schematisch dargestellten Stromlauf der Fig. 115 leicht zu ersehen, indem man sich unter

Fig. 115.



Apt. den vollständigen Siemens'schen Zeiger-Apparat (§. 64) und unter *S. W.* den Stations-Wecker (§. 87) denken mag. Vom Apparat sind nur die *L*- und die *E*-Klemmen gezeichnet, vom Läutewerke ebenfalls nur die Elektro-Magnet-Klemmen *v* und *w* (Fig. 107). Alles Andere ist von selbst klar.

1. Ruhestellung.

Die Bureauthür ist nicht verschlossen, die Kurbel *C* im Thürcontact federt gegen *i*; die Contactkurbel oder der Schieber von *Apt.* steht auf *R* (vergl. Fig. 74).

Sobald die Gegenstation auf ihren Apparat wirkt, tritt der Strom bekanntlich durch die *L*-Klemme in *Apt.*, durchläuft das Weckerwerk und geht austretend von der *E*-Klemme durch *e* zum Thürcontact; hier aber theilt sich der Strom. Er geht theils um den Thürcontact also von *n* über den Draht e_2 zur Klemme *v* des Läute-Magneten, durch die Umwindungen desselben zur Klemme *w* und von da durch *E* und *Pl.* zur Erde u. s. w.; theils läuft er durch den Thürcontact, also von *n* durch die Platte *P* zur Contactkurbel *C*, zur Contactfeder *i*, zum Drahte e_1, zur Magnetklemme *w* und von da ebenfalls durch *E* und *Pl.* zur Erde und nach der Gegenstation zurück. Da sich aber nach einem physikalischen Gesetze die Stromstärken in den einzelnen Zweigen umgekehrt wie deren Widerstände verhalten, so wird bei dieser Kurbellage des Apparates auf dem zuerst verfolgten Wege wegen des sehr großen Widerstandes in den Umwindungen des Elektro-Magneten nur eine äußerst geringe Stromstärke wahrnehmbar sein, welche durchaus nicht im Stande ist, selbst den geringsten Einfluß auf das eingeschaltete Läutewerk auszuüben. Der Strom der Gegenstation wirkt daher ausschließlich auf den Zeiger-Apparat und die Correspondenz erfolgt ganz wie gewöhnlich.

Anders stellt sich aber der Erfolg, wenn

2. Die Läutestellung

angenommen wird. Dieselbe tritt ein, wenn der Beamte beim Verlassen des Bureaus die Thür verschließt und dadurch die Contactkurbel *C* von der Contactfeder *i* abdrückt. Der wie vorhin von der Gegenstation entsendete bei *L* in *Apt.* eintretende und bei *E* wieder austretende Strom geht von *n* aus über e_2 nur durch das Läutewerk *S. W.* über *w* zur Erde. Die durch den oberen Arm e_1 bewirkte Schwächung hört vollständig auf und der Weckerstrom wirkt in voller Kraft auf den Elektro-Magneten des Stations-Weckers. Sowohl der Wecker in *Apt.* als in *S. W.* wird läuten und letzterer den entfernten Beamten herbeirufen.

Man sieht, daß das Läuten im *S. W.* aufhören muß, sobald der herbeigerufene Beamte die Thür aufschließt, also den Thürcontact wieder herstellt; dann läutet der Apparat *Apt.* allein noch.

Auf der Zwischenstation, wo zwei Zeiger-Apparate und ein Umschalter stehen, wird, wie man leicht finden wird, der wirklich zur Erdplatte *Pl.* führende Draht nicht mehr wie sonst in die Klemme *VIII* (Fig. 77), sondern in die Klemme *w* des Stations-Weckers (Fig. 115) gespannt, dagegen die

Klemme *VIII* durch einen Hülfsdraht *e* mit der Thürcontact-Klemme *n* verbunden werden müssen, kurz, man hat den Thürcontact nebst dem großen Stations-Wecker *S. W.* zwischen Klemme *VIII* des Umschalters und dem wirklichen Erddrahte einzuschalten.

Die vorstehend beschriebenen, für den Eisenbahn-Telegraphendienst äußerst bequemen Vorrichtungen sind auf mehreren Linien in Anwendung.

Fünfter Abschnitt.

Einfluß der atmosphärischen Elektricität, insbesondere der Gewitter, auf die telegraphischen Vorrichtungen.

---

89. Schon Franklin hatte durch das bekannte Experiment mit dem aufsteigenden Drachen entscheidend nachgewiesen, daß zur Zeit, wo ein Gewitter im Anzuge ist, die obere Luft sich in einem elektrischen Zustande befindet, und daß ein Gewitter zum Ausbruch kommt, wenn die Entladung der in den Wolken im Zustande der Spannung befindlichen Elektricität gegen den Erdboden hin erfolgt, oder eine Verbindung der angehäuften Luftelektricität mit der entgegengesetzten Elektricität der Erde eintritt. Vielfache Versuche haben später nachgewiesen, daß fast zu jeder Zeit, bei ganz heiterem wie bei trübem Himmel, sich Spuren von Elektricität in der Luft befinden.

Baumgartner hat in dieser Beziehung im März 1848 Versuche angestellt, welche die früher gemachten Erfahrungen vollständig bestätigen. Er schaltete zu einer Zeit, wo sich noch keine Neigung zur Gewitterbildung gezeigt hatte, in die Leitung des elektrischen Telegraphen, welcher von Wien bis Prag reicht und eine Länge von 61 Meilen hat, einen sehr empfindlichen Multiplicator ein, und beobachtete alsbald durch Ablenkung der Magnetnadel, daß ein elektrischer Strom den Draht durchlaufe. Um diese Erscheinungen sorgfältiger studiren zu können, wurde auf der südlichen Telegraphenlinie, die 40 Meilen lang ist, ein Nobili'scher Multiplicator in die Drahtleitung eingeschaltet, und es ergab sich alsbald, daß die Magnetnadel des Multiplicators fast immer in Schwankungen begriffen war und daß nur kurze Pausen der Ruhe vorkamen. Auf dieser Strecke findet daher fast zu jeder Zeit ein Zu- und Abströmen der Elektricität zwischen der Erde und der Atmosphäre

statt, in Folge dessen fast beständig ein elektrischer Strom die Drahtleitung durchströmt, welcher jedoch in der Regel zu schwach ist, um die unempfindlichen Theile der Telegraphen-Apparate in Bewegung zu setzen. Befindet sich dagegen eine größere Menge von Elektricität in der Luft, wie dieses nach mehreren vorausgegangenen heißen Tagen, nach einem plötzlich eingetretenen Temperaturwechsel, beim Beginn eines Hagels oder Regens meistens der Fall zu sein pflegt, so können diese atmosphärischen Ströme in den Telegraphen-Drähten stark genug werden, um die Zeichengeber zu bewegen. »Mehrmals,« sagt Baumgartner, »fängt die Magnetnadel an zu spielen und man glaubt, eine Aufforderung von irgend einer auswärtigen Station her zur Bereitschaft für eine bevorstehende Correspondenz erwarten zu müssen; allein die Zeichen haben keine Bedeutung, wechseln unregelmäßig und erfolgen meistens nur nach einer Richtung hin, und nicht selten stellt sich die Nadel eine gute Weile hindurch in die Lage der größten Ablenkung. Durch solche Einwirkungen wird oft der Magnetismus der Nadel zerstört und deren Polarität umgekehrt, so daß man sie auswechseln und neu magnetisiren muß, um sie wieder diensttauglich zu machen. Auf der südlichen Linie, wo die elektrischen Erscheinungen überhaupt eine viel größere Rolle spielen, als auf der nördlichen, wurde sehr oft zur Zeit, als noch der Nachtdienst nicht eingeführt war und man die Indicator-Kasten allenthalben über Nacht gesperrt hatte am Morgen der Magnetismus der Nadeln völlig zerstört gefunden, und doch war nicht daran zu denken, daß dieses durch absichtlich erzeugte künstliche Ströme bewirkt worden sei. Schon beim Einziehen der Leitungsdrähte auf der nördlichen Linie klagten die Arbeiter häufig über einen Krampf, den sie beim Anfassen der Drähte zu fühlen vorgaben; in der höher gelegenen Steiermark aber kam man bald zu der Ueberzeugung, daß dieser Krampf von elektrischen Entladungen herrühre; sie unterblieben auch, als man die Drähte nicht mehr mit bloßen Händen anfaßte. Einer der Arbeiter, Namens Hell, erhielt bei Kranichfeld in Steiermark einen so starken Schlag, daß er zusammensank und den rechten Arm nicht bewegen konnte. Der Unter-Inspector Schnirch, welcher dieser Erscheinung eine besondere Aufmerksamkeit widmete und die Beobachtungen auf der südlichen Linie leitete, erzählte, daß er öfter beim Auslösen der Drähte, das man wegen eines sich nähernden Gewitters für nöthig hielt, mehr oder weniger heftige Stöße empfunden habe. Namentlich berichtete er, daß er einmal, als er einen Indicator an den Apparat-Kasten anschrauben wollte und zufällig die beiden Leitungsdrähte berührte, einen Schlag in den Händen empfunden habe, der bis in die Armgelenke reichte.

90. **Erscheinungen**. Um die Größe und die Verschiedenheit des Einflusses der atmosphärischen Elektricität auf Telegraphen-Anlagen überhaupt gehörig zu übersehen, sind in dem Folgenden einige der bedeutenderen Erscheinungen dieser Art zusammengestellt:

Am 7. Juli 1838 durchzuckte auf der Linie zwischen München und Bogenhausen während eines heftigen Blitzes in demselben Augenblicke ein sehr starker elektrischer Funke die ganze Leitungskette des von Steinheil errichteten Telegraphen. An dem Zeichengeber, welcher in dem Zimmer Steinheil's angebracht war, erfolgte in diesem Augenblicke ein Knall, wie der einer Peitsche. Zugleich ertönte die tiefe Glocke des Zeichengebers, durch Ablenkung der Nadel so heftig angeschlagen, daß die Drehungsspitzen des Magnetstäbchens Schaden litten. Die nämliche Erscheinung wurde auf einer anderen Station bemerkt.

Am 17. December 1845 wurden die Drähte und die Zeichengeber in der telegraphischen Leitungskette zu Göttingen durch die atmosphärische Elektricität zerstört.

Am 29. April 1846 schlug der Blitz auf den Draht des Morse'schen Telegraphen zu Lancaster, ohne ihn zu schmelzen oder zu zerreißen; in dem Stationshäuschen hörte man ein Geräusch, ähnlich dem Knall einer Pistole, und bemerkte mehrere starke Funken.

Am 18. Mai 1846 wurde daselbst der Draht des Telegraphen durch den Blitz zerrissen; mehrere Tragpfähle wurden bis auf ein Drittel ihrer Länge gespalten oder in Stücke zerrissen; man konnte zugleich daran den Lauf des elektrischen Fluidums bis in den Boden verfolgen. Der Blitzschlag und das Zerreißen des Drahtes waren von einem Geräusche begleitet, wie wenn 2 oder 3 Flinten rasch hinter einander abgefeuert werden.

Am 20. Mai 1846 schlug der Blitz in den oberen Theil des Drahtes, welcher von einem hohen Mastbaume auf dem Platze, wo der Telegraph über den Hackinsackfluß geht, getragen wird. Das Fluidum lief längs des Drahtes von dem Punkte an, wo die Entladung stattfand, 7 englische Meilen weit und schlug dabei in unregelmäßigen Zwischenräumen in die Tragpfähle hinab. Ueberall, wo eine Entladung stattfand, wurde eine Anzahl scharfer, auf einander folgender Explosionen gehört. Bei einem anderen Gewitter wurde der Draht an zwei Stellen auf der Straße zwischen Philadelphia und New-York getroffen; an einer dieser Stellen wurden 12 Pfähle, an der anderen 8 Pfähle getroffen.

Am 3. Juni 1846 zerriß der Blitz den Draht zwischen Washington und Baltimore, so daß die Communication zwischen den beiden Städten auf einige Stunden unterbrochen blieb.

Am 4. Juni 1846 zogen drei Gewitterwolken zwischen Washington und Baltimore gegen einander. Bei jedem Donnerschlage (Blitz) spielten die Zeichengeber des Morse'schen Telegraphen zu Jersey, Philadelphia, Wilmington und zu Baltimore.

Am 19. Juni 1846, als sich Prof. Henry im Telegraphen-Bureau zu Philadelphia befand und die Mittheilung der Congreß-Nachrichten von

Washington nach Philadelphia und von hier nach New-York erfolgte, fing der Telegraph an, unregelmäßig zu arbeiten. Der Operateur an jedem Ende der Linie zeigte zu derselben Zeit ein Gewitter zu Washington und eines bei der Stadt Jersey an. Der Theil der Kette des Telegraphen, welcher in das Haus hineinging und mit einem Pole der galvanischen Batterie in Verbindung stand, war zufällig weniger als einen Zoll von dem Drahte entfernt, welcher dazu diente, die Verbindung des anderen Pols mit der Erde herzustellen. Ueber diesen Raum sah man in Zwischenräumen von je einigen Minuten eine Reihe von Funken in rascher Aufeinanderfolge überspringen, und als eines dieser Gewitter Philadelphia so nahe kam, daß der Bliß gesehen werden konnte, wurde jene Reihe von Funken zu gleicher Zeit mit einem Blitze am Himmel wahrgenommen. Es entstanden Funken, als Wolke und Blitzstrahl mehrere Meilen östlich von der Drahtlinie entfernt waren. Die Entladungen zwischen den zwei Theilen des Drahtes hatten über eine Stunde gedauert, als die Wirkung so stark wurde, daß der Oberaufseher, für die Sicherheit des Hauses besorgt, den langen Draht mit den städtischen Gasröhren in Verbindung setzte und so den Strom ruhig in die Erde leitete. Der durch das Gewitter in dem Leitungsdrahte inducirte Strom war so stark, daß er die Nadel eines gewöhnlichen verticalen Galvanometers von geringer Empfindlichkeit um mehrere Grade ablenkte, obwohl die gewöhnliche Reibungs-Elektricität nur dann die Nadel afficirt, wenn eine große Batterie entladen wird. Das von den Funken erregte stechende Schmerzgefühl war sehr groß. Wenn man die Kette unterbrach und die Theile dann mit dem Zeigefinger und dem Daumen vereinigte, so wurde die Entladung durch die Hand den ganzen Arm hinauf bis zur Schulter schmerzlich empfunden. Der Oberaufseher bemerkte, daß bei einer anderen Gelegenheit ein Funke über die Drahtspirale der Schenkel des Hufeisens ging und so stark war, daß alle Drähte, über welche er hinfuhr, an Punkten, die in derselben geraden Linie lagen, geschmolzen wurden, als wären sie mit einem scharfen Messer entzwei geschnitten.

Ebenfalls im Sommer 1846 verspürten die bei der Anlegung der Telegraphenlinie zwischen München und Nanhofen beschäftigten Arbeiter schon bei sehr entfernten Gewittern, die in der Richtung der Drahtleitung nur tief am Horizonte als Wolkenbank sichtbar waren, bei Berührung des Drahtes von Zeit zu Zeit heftige Schläge. Bei dunkler Nacht sah man während eines entfernten Blitzes viele Funken in den Multiplicator-Rollen von einer Windung zur anderen überspringen. Dabei war ein leises Knistern hörbar und die Funken zeigten sich so zahlreich, daß die Multiplicator-Rolle in phosphorischem Lichte erschien. Rückten die Gewitter-Entladungen näher, so nahm die Erscheinung an Intensität zu. Blitze in der Nähe der Leitung erzeugten

so kräftige Funken der Erdelektricität, daß das Ueberspringen derselben an den Multiplicatoren mit Knall verbunden war und das Zimmer erleuchtete.

Am 28. März 1847 wüthete ein ungemein heftiger Gewittersturm an der atlantischen Küste von Amerika. Auf der ganzen, mehr als 50 Meilen langen Telegraphen-Strecke von Neu-Braunschweig bis Philadelphia blieben kaum einige Tragpfähle stehen.

Am 5. Mai 1846, Abends 5 Uhr, fing die Glocke des elektrischen Telegraphen, welcher in einer kleinen Hütte an einem der Endpunkte der atmosphärischen Bahn von St. Germain angebracht ist, plötzlich an zu läuten. Der dort aufgestellte Beamte war der Meinung, man wolle ihm eine Nachricht zukommen lassen, merkte sich einige Buchstaben. schickte sich aber, als er fand, daß dieselben keinen Sinn hatten, eben an, das Signal »ich verstehe nichts« zu geben, als er einen Knall, ähnlich einem starken Pistolenschusse, vernahm. In demselben Augenblicke zeigte sich längs den an den Wänden der Hütte hinlaufenden Leitungsdrähten von 0,2 bis 0,5 Millimeter Durchmesser ein glänzendes Licht und sie fielen in Stücken herab, in so hohem Grade erhitzt, daß sie auf den darunter stehenden hölzernen Tischen deutliche Brandflecken hinterließen und an ihren Enden zum Theil Spuren von Schmelzung zeigten. Die Drähte sämmtlicher Elektro-Magnete der in der Hütte befindlichen telegraphischen Apparate zerrissen und der Beamte fühlte einen heftigen elektrischen Schlag durch den ganzen Körper.

Die Hütte von Vesinet, wo das Gewitter diese Erscheinung verursachte, steht mittelst einer auf Pfosten hinlaufenden Drahtleitung mit dem elektrischen Bureau in Verbindung. Hier wurde nichts zerstört, überhaupt nichts Außergewöhnliches bemerkt, mit Ausnahme des Läutens einiger Glocken; aber in einer Entfernung von 200 Meter von Vesinet zeigte einer der Pfosten von oben bis unten deutliche Spuren eines Blitzschlages, die Spitze des Pfostens war gespalten und Splitter waren abgerissen. Die Drähte, welche von der Hütte zu Vesinet in der Richtung gegen Paris auslaufen, drei an der Zahl, erhoben sich mit einem Male unter einem rechten Winkel auf eine Höhe von 6 bis 7 Meter. An der Spitze dieser Biegungen der Drähte erblickte man unmittelbar nach der Explosion drei, mehrere Secunden sichtbare elektrische Strahlenbüschel. Ein Meter vom Ende der atmosphärischen Bahn befindet sich eine Ausrückung. Der Mann, welcher den Hebel derselben in Bewegung zu setzen hat, empfand mit den ihn umstehenden Arbeitern einen sehr heftigen Schlag.

Am 19. Juli 1847 entlud sich in der Nähe von Höchst und Frankfurt (auf der Taunusbahn) gegen Abend ein starkes Gewitter mit heftigen Regengüssen. Als es heranzog, befanden sich mehrere Beamte der Eisenbahn in dem Zimmer des Stationshauses zu Frankfurt, in welchem der Telegraph steht. Letzteren hatte man kurz vorher mittelst eines Kupferdrahtes

der dünneren Sorte abgeschlossen *), als der erste heftige Schlag sich entlud und Blitz und Donner gleichzeitig wahrgenommen wurden. In demselben Augenblicke gewahrte ein Beamter, daß der Telegraph in Thätigkeit sei, und er hatte nicht Zeit, demselben sich zu nähern, um zu untersuchen, ob die Ausschließung etwa nicht vollkommen angebracht sei, als dicht am Telegraphen an einer Winkelbiegung des Drahtes ein armdicker, zwei bis drei Fuß langer, blauer Feuerstrahl mit einem, dem Pistolenschusse ähnlichen Knalle heraussprang. Dasselbe Phänomen wiederholte sich bei mehreren der folgenden Schläge. Der dünne Nebenschließungsdraht war an der Stelle, wo er an der Hauptleitung befestigt war, abgeschmolzen, und zwar zeigte sein Ende die vollendetste Schmelzung. Auf der Station Hochheim selbst wurden aus dem Drahte noch Funken, wie sie durch Feuerschlagen mit Stahl und Stein erzeugt werden, bemerkt; in Kastel dagegen zeigte sich nichts mehr der Art. Zwischen Frankfurt und Höchst wurden durch das Gewitter 18 der tannenen Stangen, auf denen der Leitungsdraht ruht, mehr oder weniger zersplittert und zerrissen, und zwar 5 in solcher Weise, daß sie in Stücke zerfielen und ganz ausgewechselt werden mußten. Die ausgesplitterten Stellen liefen alle in einer Spirallinie mit einer mehrmaligen Windung um die Stangen. Außer diesen 18 unmittelbar auf einander folgenden Stangen zeigten sich noch einzelne besonders hohe Stangen in dem Bahnhofe zu Frankfurt in gleicher Weise beschädigt. Fast alle Stangen auf der telegraphischen Linie fand man nach diesem Gewitter in der Richtung von Ost nach Süd in der Erde mehr oder weniger um ihre Axe gedreht, so daß die kleinen Blechdächlein an ihrer Spitze, welche früher sämmtlich mit ihrer Kante parallel zur Bahnrichtung standen, jetzt damit einen Winkel machten, der 15° und, namentlich in der Nähe der Stelle, wo die übrigen Stangen zerschmettert wurden, mehr, ja bis zu 90° betrug.

Am 17. August 1847 pflanzte sich die Wirkung eines in Olmütz losgebrochenen Gewitters bis nach Triebitz, 10 Meilen weit, fort, und ein an letzterem Orte mit der Drahtspannung beschäftigter Arbeiter erhielt beim Anfassen des Drahtes einen so starken Schlag, daß er einige Schritte zurücktaumelte, und an den Fingern, mit welchen er den Draht gefaßt hatte, em-

*) Ein kurzer Kupferdraht war mit dem einen Ende unmittelbar vor dem Telegraphen, mit dem anderen Ende hinter demselben mit der Hauptleitung verbunden, in der Absicht, die elektrischen Entladungen der Atmosphäre durch diesen kurzen Draht abzuleiten und den Durchgang derselben durch den viel längeren und feineren Draht der telegraphischen Spiralen zu verhindern. Auf den meisten Stationen war jene Nebenschließung so dick, wie der allgemeine Leitungsdraht (etwa ½ Linie Durchmesser), bisweilen jedoch so dünn, wie die Spirale des Ankers, und lag meistens ihrer ganzen Länge nach auf dem hölzernen Kasten des Apparates.

pfand er einen solchen Schmerz, als hätte er einen sehr heißen Körper berührt. Zu dieser Zeit war der Himmel in Triebitz ganz heiter.

Am 25. August kam bei Olmütz um 5 Uhr Nachmittags ein heftiges Gewitter zum Ausbruch und zerschmetterte auf der Strecke gegen Brodek hin eine Tragsäule. Ein Theil des elektrischen Stromes fuhr an dieser Säule zur Erde, ein anderer Theil ging in der Richtung gegen die Prager Bahn im Drahte fort und in die dahin führende Luftleitung über. Da diese aber damals noch nicht vollendet und der Draht in einer Wagenremise unter einer blechernen Rinne endigte, so ist die Elektricität wahrscheinlich auf diese Rinne übergesprungen; denn der Draht war daselbst so abgeschmolzen, daß er am Ende eine kleine Kugel bildete.

Am 19. Juni Mitternacht entlud sich ein schweres Gewitter zwischen Brünn und Raigern, zerschmetterte zwei Tragsäulen ganz und beschädigte neun andere mehr oder weniger.

Am 9. Juli desselben Jahres schlug der Blitz zwischen Kindberg und Krieglach in Steiermark in den Telegraphendraht und zerschmetterte drei hölzerne Tragsäulen, ohne jedoch den Draht selbst zu beschädigen.

Am 19. Juli, Nachmittags 2 Uhr, traf der Blitz die Telegraphenleitung wieder in der Nähe von Kindberg auf der südlichen Staatsbahn und richtete eine große Verwüstung an den Tragsäulen an. Die in der Nähe der Bahn beschäftigten Arbeiter wurden zwar betäubt, aber nicht beschädigt. Zwei Beamte, welche unter dem Vordache des Aufnahmegebäudes zu Kindberg standen, bemerkten an einer der Säulen, die zerschmettert wurde und die volle 5 Klafter von ihnen entfernt stand, an dem Ableiter*) einen Feuerbüschel und vernahmen einen Schall, als würde ein Zündhütchen abgebrannt. Am Telegraphendrahte wurde nirgends eine Beschädigung wahrgenommen, aber die Spitzen der Ableiter waren überall abgeschmolzen.

An demselben Tage erfolgte um 7 Uhr Abends eine zweite elektrische Entladung, etwa 800 Klafter unterhalb Bruck an der Mur, durch welche wieder drei Tragsäulen ganz zersplittert und 17 andere mehr oder weniger beschädigt wurden. Auch der Ableiter einer nahe 3 Meilen weit entfernten bei Marein stehenden Säule, und der einer anderen bei Mixnitz war abgeschmolzen und ins Porzellan des Isolators eingebrannt, so daß es keinem Zweifel unterliegt, der Strom habe im Leitungsdrahte einen so großen Weg

*) Um den Strom der atmosphärischen Elektricität unschädlich zu machen und in die Erde abzuleiten, war längs bestimmten Säulen ein Draht befestigt, der mit seinem unteren Ende in die Erde reichte, mit dem oberen aber der telegraphischen Leitung da gegenüberstand, wo diese, aus der Stange heraustretend, den Isolator verlassen hatte, so daß der Abstand zwischen dem Ableiter und der telegraphischen Leitung nur ½ — 1 Linie betrug.

zurückgelegt. An demselben Tage fand man auch den Indicator auf der Station Mürzzuschlag dienstuntauglich, und als man ihn untersuchte und den Draht des Multiplicators abwickelte, fand man ihn abgeschmolzen.

Im April 1848 fand man alle an den Tragsäulen des Telegraphendrahtes über den Semmering angebrachten Ableiter an dem Ende, welches neben dem Isolator steht, abgeschmolzen.

Am 12. April bemerkte man an den Drahtklemmen des südlichen Telegraphen in Wien eine 2 Zoll lange Flamme, die mit Schnalzen übersprang. Dabei blieb der Zeiger der Magnetnadel eine halbe Stunde lang an der Glocke hängen.

In demselben Monate wurden die Apparate auf der Bahn von Manchester nach Normanton fast gänzlich durch ein Gewitter zerstört. Die Magnetnadeln deflectirten stark und gehorchten nicht mehr gehörig der Bewegung der Griffe. In Normanton hatten sich sogar ihre Pole ganz umgekehrt.

Im Laufe des Sommers desselben Jahres waren die äußeren Zeichen der atmosphärischen Elektricität auch an den Stöhrer'schen Apparaten auf der sächsisch-baierischen Staatsbahn von Leipzig nach Hof zuweilen sehr bemerkbar. Sämmtliche Metalltheile, namentlich die Spitze des Zeigers, ließen manchmal fußlange Feuerbüschel ausströmen, welche gewöhnlich mit einem knisternden Geräusche begleitet waren; zuweilen hörte man einen Knall, wie von einer Peitsche, verbunden mit starker Lichterscheinung, welche das ganze Telegraphenzimmer erleuchtete. Den Apparaten wurde dadurch kein Nachtheil zugefügt, wohl aber der Zeiger um einige Theile fortgerückt, was um so merkwürdiger ist, da es beweist, daß die atmosphärischen Strömungen in der Leitung auch in ihrer Richtung wechseln; denn die Zeichen-Apparate Stöhrer's können nur durch Polwechsel des Elektro-Magneten in Thätigkeit gesetzt werden.

Im Juni 1849 wurde ein Siemens'scher Telegraph auf der Berlin-Frankfurter Linie durch ein Gewitter fast gänzlich unbrauchbar gemacht. Der Blitz schlug in der Nähe von Kassel ein, erreichte den Leitungsdraht, wurde dadurch nach der Metallplatte, welche bei dem Telegraphiren die elektrischen Ströme empfängt, geleitet und zerschmelzte den Draht, sowie einen Theil der Platte so, daß nur wenige Theile in einem brauchbaren Zustande blieben.

Am 18. Juli 1849 wurden an der elektro-magnetischen Linie von Stade nach Kuxhaven in dem Dorfe Warstade von 42 auf einander folgenden Stangen, auf denen der Leitungsdraht fortläuft, 32 bei einem Gewitter verletzt und zwar einige so stark, daß sie unbrauchbar wurden. Ja, eine von ihnen riß das Gewitter mitten auseinander, so daß sie förmlich in zwei Hälften getheilt wurde. Das eiserne Band, womit die Stangen oben versehen sind, ist von dieser am stärksten verletzten herabgerissen worden und war nirgends zu finden. An den metallischen Theilen des Telegraphen ist jedoch nicht die

geringste Verletzung eingetreten, sondern die ganze zerstörende Wirkung des Gewitters hat lediglich die Stangen getroffen. Der Schlag war, nach der Versicherung von Ohrenzeugen, entsetzlich und mit einem starken Brausen verbunden. Dasselbe Gewitter schlug fast gleichzeitig in ein Haus in der unmittelbaren Nähe des Telegraphendrahtes ein und entzündete dasselbe, so wie ein dritter Schlag, der den beiden ersteren fast unmittelbar folgte, ein Pferd auf der Weide bei Altwöhrden traf. Nur durch Zureden hat man die anwohnenden Leute, welche der Meinung waren, daß der Telegraphendraht das Unglück verschulde und daß dieser die Gewitter anziehe, abhalten können, die Stangen umzuhauen; sie verlangten indessen entschieden, daß die Leitung um ihr Dorf herum verlegt werde.

Am 17. Juli hörte zu Düsseldorf einer der Beamten einige Schläge im Innern des Siemens'schen Telegraphen, welcher mittelst einer unterirdischen Gutta-Percha-Drahtleitung zwischen dieser Station und Elberfeld arbeitet, und als er ihn mit der Hand berührte, erhielt er einen Schlag. Dieselbe Erscheinung hat sich auch später mehrmals wiederholt.

Am 27. Juli ging in der Nähe von Braunschweig ein heftiges Gewitter nieder. Die Elektricität entlud sich auf der Eisenbahn zwischen Braunschweig und Vechelde und beschädigte die Telegraphenleitung und mehrere Arbeiter. Prof. Meißner hat die näheren Umstände dieses interessanten Falles in einer Extra-Beilage zu Nr. 209 der »Deutschen Reichs-Zeitung« genau beschrieben (s. §. 92).

Am 5. October schlug der Blitz zwischen Langenfeld und Benrath auf den Draht des Telegraphen der Köln-Mindener Eisenbahn. Er zertrümmerte mehrere Tragsäulen und fuhr über 100 Schritt längs der Bahn an dem Drahte entlang und dann in die Erde hinein.

Diese wenigen Fälle, welche sich, wenn keine besonderen Vorkehrungen getroffen werden, in ähnlicher Art alljährlich wiederholen, mögen genügen, um den mächtigen Einfluß nachzuweisen, den die atmosphärische Elektricität auf die Drahtleitung und auf die Zeichengeber zuweilen ausübt, und um ein Bild zu geben von den Zerstörungen und Gefahren, welche jenes Fluidum für die Apparate und das Dienstpersonal des elektrischen Telegraphen herbeiführen kann.

91. Die Art und Weise, wie die Luftelektricität auf die Drahtleitung einwirkt, ist verschieden; es lassen sich jedoch alle diese Erscheinungen auf folgende vier Hauptquellen zurückführen:

1) »Die Drähte werden direct von einem Blitzschlage getroffen.« Die Elektricität einer Gewitterwolke findet sich in der Regel gegen die entgegengesetzte Elektricität desjenigen Ortes der Erde, über welchen sie wegzieht, insbesondere gegen die am höchsten gelegenen Punkte dieses Or-

tes, in Spannung. Ist die Anhäufung der Elektricität und die dadurch hervorgebrachte Spannung derselben an diesen Punkten so groß, daß der Zwischenraum zwischen der Wolke und dem hervorragenden Körper der Vereinigung beider Elektricitäten kein Hinderniß mehr entgegensetzen kann, so erfolgt die Ausgleichung derselben in Form eines Blitzes. Die Drahtleitung mit den Tragpfählen bildet nun, wie Steinheil richtig bemerkt, einen Blitzableiter von kolossalen Dimensionen und von vorzüglicher Wirksamkeit, weil dieses System in einer gewissen Höhe über der Erdoberfläche sich auf weiten Strecken, fern von anderen hervorragenden Körpern, ausbreitet und durch seine metallische Verbindung mit der feuchten Erde unter dem Einflusse irgend einer, in der Nähe der Leitung befindlichen elektrischen Wolke sich sehr leicht mit der entgegengesetzten Elektricität bis zur höchsten Spannung laden kann. In diesem Zustande sind, wenn die Gewitterwolke tief genug hängt, alle Bedingungen zu einer Entladung gegen den Telegraphendraht hin vorhanden.

Ein solcher, nach der Leitung hinfahrender Blitzschlag wirkt am meisten zerstörend, indem er bald den Draht abschmelzt oder zerreißt, bald an den Pfählen herab in die Erde gleitend, diese zersplittert, bald aber auch viele Meilen weit an dem Drahte fortläuft und auf seinem Wege den Draht, die Pfähle, die empfindlichen Theile des zeichengebenden Apparates, ja ganze Stationsgebäude zerstören kann.

So hat einst ein heftiger Blitz, welcher durch die von München nach Nanhofen laufende Drahtleitung ging, auf einer Strecke von 2 Wegstunden, acht Bahnwärter in ihren Hütten, in denen sie, um Schutz vor dem Regen zu suchen, der Drahtleitung zu nahe gekommen waren, beschädigt. Die Zersplitterung der Pfähle hat wahrscheinlich darin ihren Grund, daß der Blitz das Wasser, welches sich während des Gewitterregens in die zahlreichen Spalten und Risse des Fichtenholzes angesetzt hat, urplötzlich zersetzt und in seine gasförmigen Bestandtheile zerlegt. Durch die plötzliche und starke Ausdehnung dieser Gase werden dann die Holzfasern leicht auseinandergerissen, und so entweder bloß einzelne Splitter herabgeschlagen oder die Pfähle ganz gespalten, oder aber auch ungestört gelassen, je nachdem das Wasser mehr oder weniger in das Holz eingedrungen war.

2) »Auch ohne Vorhandensein einer Gewitterwolke kann durch die Verschiedenheit des elektrischen Zustandes der Atmosphäre an zwei verschiedenen, weit von einander entfernten Stellen der telegraphischen Linie ein dauernder galvanischer Strom in dem Drahte entstehen.« Es ist bekannt, daß durchgehends in der Höhe ein anderer elektrischer Zustand vorhanden ist, als an tiefer gelegenen Stellen, und Baumgartner hat durch sorgfältige Versuche nachgewiesen, daß wenigstens für die localen Verhältnisse von Wien und Umgegend ein elektrischer Strom bei Tage von der Tiefe nach der Höhe

hinzieht, welcher zur Nachtzeit seine Richtung umkehrt. Der Wechsel der Stromesrichtung scheint nach Sonnenauf- und Untergang einzutreten, und es wird die Regelmäßigkeit des Stromes bei trockener Luft und heiterem Himmel weniger gestört, als bei kühler Zeit und regnerischem Wetter. Wo also eine telegraphische Drahtleitung nicht überall in derselben Höhe fortläuft, vielmehr von der Ebene nach dem Gebirge sich aufwärts hinzieht, wird häufig eine Strömung der atmosphärischen Elektricität eintreten, die unter gewissen Umständen stark genug sein kann, um Störungen in dem Dienste des Telegraphen herbeizuführen. Henry hat sogar bemerkt, daß auch auf langen wagerechten Linien Ströme erzeugt werden, wenn an dem einen Ende Dünste in Form von Nebel sich niederschlagen, während an dem anderen Ende die Luft hell bleibt. In einem Falle arbeitete die Maschine wie aus freien Stücken ohne Batterie, als an dem einen Ende der Linie Schnee fiel, während an dem anderen Ende heiteres Wetter war. Wurde der Leitungsdraht unterbrochen, so bemerkte man sogar an der Unterbrechungsstelle eine Lichterscheinung, ähnlich einem erlöschenden Gaslichte.

3) »Die natürliche Elektricität des Drahtes kann durch die galvanische Induction (§. 37) einer entfernten Wolke gestört werden.« Zieht eine Gewitterwolke quer über den Draht hinweg, so zieht ihre Elektricität bei der Annäherung die entgegengesetzte Elektricität im Drahte an und bindet sie; während nun von den Endpunkten der Leitung her aus dem Erdboden nach dieser Stelle hin neue Elektricität zufließt, getrennt und theilweise gebunden wird, fließt die entgegengesetzte freie, von der Wolke zurückgestoßene Elektricität aus dem Drahte nach dem Erdboden ab, und es bildet sich dadurch ein andauernder galvanischer Strom; sobald die Gewitterwolke sich vom Drahte wieder entfernt, entsteht ein neuer Strom von umgekehrter Richtung, denn die große Menge der gebundenen Elektricität wird wieder frei und strömt durch die Leitung nach dem Erdboden ab. Daß auch diese Ströme zuweilen den Gang der telegraphischen Maschinerien stören und die Depeschen in Verwirrung bringen können, unterliegt keinem Zweifel. Baumgartner hat bemerkt, daß der Zeiger eines Nadeltelegraphen bleibend abgelenkt wurde, als Gewitterwolken selbst in bedeutender Entfernung an der Telegraphenlinie hinzogen; die Richtung dieser Ablenkung war verschieden nach Maßgabe des elektrischen Charakters der Wolke und der Richtung, in welcher ihre Bewegung in Bezug auf die Drahtleitung erfolgte. Näherte sich die Wolke der Telegraphen-Station, so dauerte diese Ablenkung des Zeigers so lange fort, als diese Annäherung bestand; sobald aber die Wolke anfing, sich wieder zu entfernen, ging auch die Ablenkung in die entgegengesetzte über. — Gewitterwolken, welche parallel mit der Richtung der Leitung an dieser entlang ziehen, können wohl nur dann elektrische Ströme in der Leitung hervorrufen, wenn sie eben über dem einen oder dem anderen

Endpunkte der Linie sich befinden, wenn sie in ihrem Zuge sich der Leitung irgendwo stark nähern, oder sich davon entfernen, oder wenn überhaupt eine Aenderung in dem elektrischen Zustande der Wolke eintritt. Denn so lange die Wolke in der Richtung der Leitung fortschreitet, wird die Quantität der gebundenen Elektricität in dem Drahte mit der Bewegung der Wolke gleichen Schritt halten, und es kann kein Ab- oder Zufließen des elektrischen Fluidums nach der Erde hin dadurch veranlaßt werden.

4) »Mächtige elektrische Ströme werden in dem Telegraphendrahte durch die Einwirkung dynamischer Induction von jedem Blitzstrahle erzeugt, welcher im Umkreise von vielen Meilen der Linie stattfindet.« Es ist bekannt, daß Goldblättchen oder Hollunderkügelchen, selbst frischpräparirte Froschschenkel, wenn sie sich in der Nähe des Conductors einer Elektrisir-Maschine befinden, in jedem Augenblicke, wo ein Funken von der Maschine auf den Conductor überspringt, in Bewegung gerathen; diese elektrische Erregung äußert sich in viel größeren Entfernungen, wenn stärkere Entladungen durch eine elektrische Batterie vorgenommen werden, und es ist begreiflich, daß die überaus heftigen Entladungen bei einem Blitzschlage in ihren Wirkungen noch viel weiter reichen und, wo sie eine Telegraphenleitung in ihrem Bereiche finden, die fruchtbarste Quelle von Störungen werden können. Dieses zeigen am deutlichsten einige im Jahre 1843 von Henry angestellten Versuche: Es wurden zwei 400 Fuß lange Drähte zwischen zwei Gebäuden parallel gespannt; ein durch den einen Draht geleiteter elektrischer Funken erzeugte in dem anderen einen Strom, obwohl sich beide Drähte 300 Fuß von einander entfernt befanden. Aus allen Versuchen ergab sich, daß der Abstand ins Unbestimmte vergrößert werden könne, wenn nur den Drähten eine entsprechende Länge gegeben wird. Daß dieselbe Wirkung durch die Repulsivkraft der elektrischen Entladung am Himmel hervorgebracht wird, zeigt folgende Abänderung des Versuches: Einer der Drähte wurde entfernt und der andere an dem einen Ende so verlängert, daß er in die Studirstube Henry's und von da durch ein Kellerfenster in einen nahen Brunnen hinabreichte. Bei jedem Blitzstrahle, der sich innerhalb eines Umkreises von wenigstens 20 englischen Meilen am Himmel zeigte, wurden durch den im Drahte entstandenen inducirten Strom Nadeln magnetisirt. Dieselbe Wirkung wurde hervorgebracht durch Anlöthen eines Drahtes an das metallene Dach des Hauses und Herunterleiten in den Brunnen; bei jedem Blitzstrahle wurde eine Reihe von Strömen in abwechselnden Richtungen in dem Drahte hervorgebracht.

Auf der österreichischen südlichen Staatsbahn wurde bei jedem Blitzschlage, welcher in der Nähe der Station erfolgte, der Zeiger heftig abgelenkt und öfter auch die Polarität der Nadel umgekehrt oder zerstört. Auf der Taunus-Eisenbahn hat man seit Jahren bemerkt, daß sich während eines

nahen Gewitters der Zeiger des Zifferblattes bei einem Blitze in Bewegung setzte, oft um mehrere, 2, 4 ja 6 Buchstaben, und in den meisten Fällen waren die elektrischen Erscheinungen in der Drahtleitung, wie in den Zeichengebern die Folgen von benachbarten Blitzschlägen.

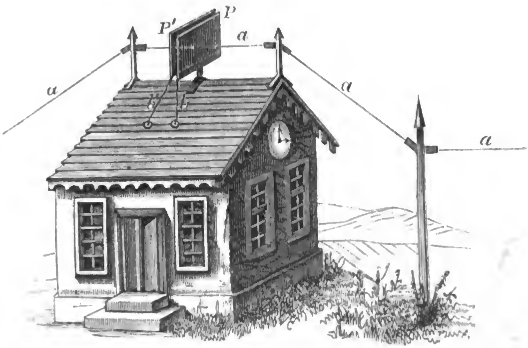
Die in Bewegung befindliche Elektricität des Blitzes scheint auf die Leitung derart einzuwirken, daß vor der Entladung oder vor dem Erscheinen des Blitzes in der ganzen Umgegend unterhalb der Wolke, insbesondere auch in der höher gelegenen Drahtleitung, eine bedeutende Ansammlung von Elektricität stattfindet, welche so lange festgehalten, gebunden bleibt, bis der Blitzschlag erfolgt, dann urplötzlich frei wird und durch die Drahtleitung hindurch den Weg nach dem Erdboden zurück nimmt. Bei der beträchtlichen Anhäufung und dem Freiwerden der Elektricität in dem Drahte ist es erklärlich, daß eine große Menge derselben den kürzesten Weg an den Tragsäulen herab nimmt, besonders wenn diese naß sind, daß ein anderer Theil von der Leitung in die an den Tragsäulen befestigten Ableiter, wo solche vorhanden sind, überspringt und dabei in den meisten Fällen ein Abschmelzen der Spitzen bewirkt, und daß bloß der Rest dieser freien Elektricität den Weg oft meilenweit durch die Drahtleitung und den Zeichengeber hindurch nimmt.

92. **Telegraphische Blitzableiter.** Angesichts so vieler mit der Handhabung der telegraphischen Vorrichtungen verbundener Gefahren und der vielen Störungen, denen die Apparate unter dem Einflusse der atmosphärischen Elektricität unterworfen sind, hat man keine Mittel unversucht gelassen, durch welche man diese Uebelstände beseitigen zu können glaubte. Steinheil scheint zuerst auf den Gedanken gekommen zu sein, die Zeichengeber den Wirkungen der Luft-Elektricität zu entziehen. Indem er auf der neu angelegten Linie zwischen München und Nanhofen beobachtete, daß der in den Multiplicator-Rollen überspringende Funken lieber die kleine Schlagweite von einer Windung zur anderen wählte, als den Umweg durch den ganzen Draht zu nehmen, schloß er richtig, daß die atmosphärische Elektricität in dieser Beziehung sich verhalte wie die Reibungselektricität, daß sie nämlich eine Neigung zum Ueberspringen in Funken zeige und stets den kürzesten Weg wähle, während die durch eine galvanische Batterie erzeugte Elektricität als galvanischer Strom eher eine continuirliche Kette von vielen Hundert Meilen durchlaufe, als daß sie auf ganz kurzem Wege ihren Kreislauf mittelst Ueberspringens über eine in der Leitung befindliche, noch so kleine Unterbrechung vollende. Nach diesem Princip richtete Steinheil daher im Jahre 1846 seinen Blitzableiter folgendermaßen ein:

Der Draht *aa*, Fig. 116, wird gleich einem Blitzableiter über das Stations-Gebäude geleitet, in welchem der Telegraph steht. Ueber dem Gebäude wird der Draht durchschnitten und man befestigt an jedem Ende

eine Kupferplatte P, P' von etwa 6 Zoll Durchmesser. Der Theil des Leitungsdrahtes, welcher an der Platte befestigt ist, steht auf der Platte in ihrer Mitte senkrecht. Zwischen die beiden Platten bringt man dünnes Seidenzeug, so daß sie sich in keinem Punkte berühren, und drückt sie gegen einander.

Fig. 116.



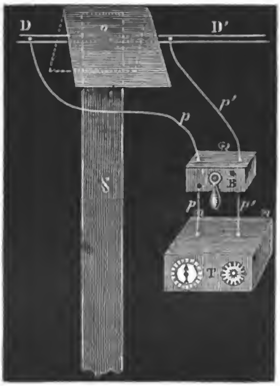
In dieser verticalen Lage befestigt man die Platten durch isolirte Stützen auf dem Dache des Hauses und schützt sie vor Regen durch einen Kasten. Hierbei ist der galvanische Strom gänzlich abgeschnitten, da er ein unüberwindliches Hinderniß in dem zwischengelegten Seidenzeuge findet. Nicht so die atmosphärische Elektricität, welche schon bei geringer Spannung den Zwischenraum zwischen beiden Platten zu durchbrechen vermag. Um also jetzt den Zeichengeber mit dem Leitungsdrahte in Verbindung zu bringen, befestigt man die Enden $b\,b'$ des vom Zeichengeber kommenden Drahtes je an eine der Kupferplatten P, P'. Ein galvanischer Strom kann daher die ganze Leitungskette passiren, indem er bei einer der Platten, z. B. P anlangend, ohne zu der anderen Platte überspringen zu können, durch den Draht b zu dem Telegraphen im Innern des Gebäudes herabsteigt und durch b' wieder hinauf zur anderen Platte P' übergeht, um dann seinen Weg durch die Leitung fortzusetzen. Die atmosphärische Elektricität dagegen wird eher die kleine Unterbrechung zwischen den beiden Platten durchbrechen, als daß sie den Umweg durch den dünnen und langen Draht $b\,b'$, welcher in Form einer Spirale sich im Zeichengeber befindet, nehmen sollte. In der That hat man seit der Zeit, wo diese Schutzmittel in Anwendung gekommen sind, bei keinem Gewitter mehr, selbst nicht bei den heftigsten Schlägen, an den Drahtrollen der Zeichengeber irgend ein Knistern oder ein Funkensprühen bemerken können.

Nicht so sicher ist der Vorschlag, den Breguet in Folge des am 5. Mai

1846 auf der Station Besinet erfolgten Blitzschlages gemacht hat, und der darin besteht, daß man den Leitungsdraht nur etwa bis in eine Nähe von 15 — 18 Fuß an die Telegraphen-Station heranführt, von da aber sehr feine Drahtverbindungen mit den Apparaten der Station selbst einrichtet, damit für den Fall, daß eine elektrische Entladung in dem Leitungsdrahte eintritt, diese die feinen Drähte abschmelze und daher die Station nebst deren Apparate und Wecker verschone.

Dem Princip nach mit der Steinheil'schen und der Breguet'schen Einrichtung übereinstimmend, in der Ausführung jedoch etwas einfacher, sind die Schutzmittel, welche Fardely im Sommer des Jahres 1847 auf einer Strecke von 14 Meilen in directer Linie ausgeführt hat. Hiernach wird in einiger Entfernung vor oder hinter dem Stations-Gebäude die fortlaufende Leitung in zwei Theile, *DD'*, Fig. 117, getrennt, und auf einem bei Seite des Gebäudes stehenden starken Pfahl *S* unter einem Schieferdächelchen dergestalt angebracht, daß die beiden Enden derselben bis auf einen ganz geringen Zwischenraum *o* (etwa 1/2 Millim.) genähert sind. Zu beiden Seiten des Pfahles sind zwei, wenigstens 20 Fuß lange feine Kupferdrähte *p*, *p'* an die Hauptleitung angelöthet, in das Stationszimmer geleitet und hier mit dem Telegraphen-Apparate *T* verbunden. Bei dieser Einrichtung werden nun die Entladungen der atmosphärischen Elektricität an der Trennungsstelle bei *o* vorbeispringen und so an der Station vorübergeleitet werden, ohne daß sie den weit längeren Weg durch die dünnen Drähte *p p'* und durch die mit denselben in Verbindung stehenden Apparate nehmen. Im allerschlimmsten Falle würden diese dünnen Drähte durch den Blitz abgeschmolzen; die Hauptentladung aber würde stets durch den Leitungsdraht *D D'* bei *o* an dem Gebäude vorbeigeleitet werden.

Fig. 117.



Der Absperrungs-Apparat *B* befindet sich im Telegraphen-Bureau über dem Zeichengeber und dient dazu, um durch einen Ruck eines isolirten Handgriffes während eines Gewitters den Telegraphen *T* gänzlich von der Leitung zu trennen, ohne daß diese Leitung selbst dadurch getrennt wird.

Endlich hat der S. 218 erwähnte Blitzschlag, der die herzogl. braunschweigischen Telegraphen-Apparate traf, den Professor Meißner veranlaßt,

viel wirksamere Blitzableiter zum Schutze der Personen und Apparate aufzustellen. Die Mittheilungen Meißner's über diesen Gegenstand lauten folgendermaßen:

Schon bei mehreren Gelegenheiten beobachtete ich an elektro-magnetischen Telegraphen während eines Gewitters das Ueberspringen der atmosphärischen Elektricität von demjenigen Draht, welcher die Leitung von der nächsten Station mit dem telegraphischen Apparat verbindet, auf jenen Draht, welcher vom Apparat zur Erde führt. Ein offenbarer Beweis, daß die gemeine atmosphärische Elektricität den Widerstand der Luftschicht zwischen den beiden genannten, oft noch durch einen Ueberzug von Wolle und Wachs isolirten Drähten leichter überwindet, als den Leitungswiderstand in den langen feinen Umwickelungen der Elektro-Magnete der Apparate, wie dieses auch Steinheil beobachtete. Bei einem solchen Ueberspringen zerschlug in diesem Sommer der Blitz vor meinen Augen die Umwickelungen eines gabelförmigen Elektro-Magneten, indem das elektrische Fluidum von dem einen Schenkel auf den anderen sprang und auf der grünseidenen Umwickelung der abgebrannten Drahtenden ein weißliches Pulver zurückließ.

Diese Wahrnehmungen veranlaßten mich, in jedem Bureau des herzogl. braunschweigischen Staatstelegraphen, zum Schutz der Personen und Apparate, Blitzableiter auf die in den Figuren 118, 119 und 120 verdeutlichte Weise anzubringen.

Fig. 118.

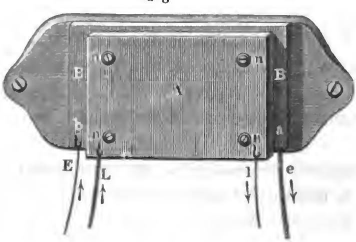
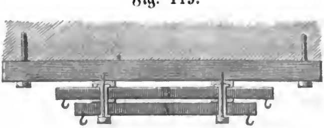


Fig. 119.



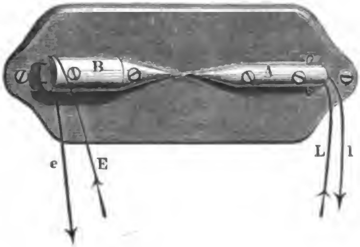
Grundriß.

Der blanke Leitungsdraht L kommt von der nächsten Station auf Stangen mittelst Porzellankapseln isolirt bis in die Nähe der Gebäude, zieht sich hier, mit Gutta-Percha umhüllt, durch Röhren *) an Stangen unter die Erde und durch die Fundamentmauern in das hierzu bestimmte Telegraphen-Zimmer, hier auf die 8″ lange, 4″ breite, $^3/_8$″ dicke Kupferplatte A des Blitzableiters, wo er

*) Alte, jedoch noch ganze eiserne Sieberöhren aus einer Locomotive wurden hierzu verwendet.

mit einer Schraube auf bekannte Weise festgeklemmt wird. Von demselben Kupferstücke *A* führt ein isolirter dünner Draht *l* nach dem telegraphischen Apparat, durch die galvanische Batterie und bei *E* an eine zweite Kupferplatte *B*, von dieser endlich von der Klemmschraube *a* ab leitet ein nicht isolirter stärkerer Draht *e* nach der Erde.

Fig. 120.



Beide Platten sind, wie die Figur 118 und der Grundriß Fig. 119 wohl entnehmen lassen, zwar auf einander geschraubt, aber von einander isolirt, indem durch die vier auf einander passenden Löcher *nnnn* beider Platten Röhrchen aus Elfenbein und zwischen den beiden Platten kaum 1/8 Linie dicke Scheibchen aus Elfenbein oder Gutta-Percha auf die durchgehenden Röhrchen gesteckt sind, welche die Kupferplatten beim Anschrauben auf ein passendes Brett isolirt aus einander halten. Mit Schrauben oder Nägeln wird endlich das Brett an die Wand des Telegraphenbureaus befestigt.

Die beiden dünnen Drähte *l* und *E*, welche mit Seide umsponnen sind, wurden überdies noch mit einander verschlungen und in einer abermaligen gemeinschaftlichen Umwickelung bis in die Nähe des Telegraphen-Apparates gebracht, wo sie sich wieder trennen und nach den bestimmten Klemmen des Apparates führen.

Die galvanische Elektricität wird bekanntlich nur bei unmittelbarer metallischer Berührung übergeleitet, während die gemeine Elektricität (atmosphärische Elektricität, Blitz) eine bedeutende Neigung äußert, auf andere nahe liegende Metalle überzuspringen, besonders wenn diese mit dem Erdboden in Verbindung stehen.

Bei dem gewöhnlichen Telegraphiren, wo die Leitungsdrähte nur mit einem sehr mäßig gespannten galvanischen Strome durch die Batterien künstlich geladen werden, strömt demnach dieses Fluidum von der nächsten Station durch die Leitung *L* auf die Platte *A*, über diese hinweg durch den Draht *l* nach dem Apparat zum Elektro-Magneten und nach verrichteter Arbeit durch die Leitung *E* nach der zweiten Platte *B* über diese hinweg durch den Draht *e* nach der Erde. Sobald sich aber an dem Leitungsdraht eine gewisse Menge Elektricität aus der Atmosphäre ansammelt, strömt diese bis auf die Platte *A* und wählt durch einen Uebersprung auf die Platte *B* sogleich den näheren Weg zur Erde, ehe sie den Apparat, welcher der elektrischen Strömung durch

die meist sehr dünnen und langen Umwickelungsdrähte der Elektro-Magnete einen bedeutenden Widerstand darbietet, durchströmt.

Des Vergleiches wegen habe ich auf der Telegraphen-Station Braunschweig bei dem einen Apparat nach Wolfenbüttel hin solche Kupferplatten, Fig. 118, bei dem anderen Apparat gegen Vechelde hin aber nach demselben Princip zwei zapfenförmige Kupferstücke, Fig. 120, in die Leitung gebracht. Bei diesen letzteren stehen die beiden Kupferspitzen so nahe gegenüber, als es nur möglich ist, ohne sich zu berühren. In diesem Falle geht der von der entfernten Station kommende Strom durch *L* zum Zapfen *A*, von hier durch *l* zu dem Telegraphen-Apparate, und endlich über *E* zum Zapfen *B* und durch *e* zur Erde und zur Gegenstation zurück. Die atmosphärische Elektricität, welche sich im Leitungsdrahte *L* angesammelt hat, scheut wegen des großen Widerstandes in den Drahtrollen des Elektro-Magneten diesen Umweg, springt lieber durch den kleinen, zwischen den Spitzen der Zapfen *A* und *B* befindlichen Zwischenraum und gelangt so von *A* direct über *B* und *e* zur Erde, um sich daselbst zu verlieren.

Die in diesem Sommer (1849) erlebten nicht unbedeutenden Gewitter haben ziemlich unzweifelhaft herausgestellt, daß die Platten-Blitzableiter denen mit Spitzen vorzuziehen sind.

Meißner brachte nämlich in dem physikalischen Cabinet des Collegii Carolini einen Halske'schen Zeigerapparat mit einer galvanischen Batterie und dem oben beschriebenen Blitzableiter, wie solches auf jeder Telegraphenstation geschieht, in Verbindung und in Gang; ließ dann von einer sehr großen Elektrisirmaschine erst schwächere, dann durch Leidener Flaschen immer stärkere Funken gemeiner Elektricität auf den Draht *L* und die Kupferplatte *A* schlagen. Es zeigte sich nicht die Spur von Wirkung auf den Gang des Telegraphen, wohl aber sah man deutlich bei gesteigerter Ladung die gemeine Elektricität in kleinen Funken von der Platte *A* auf die Platte *B* überspringen und spurlos verschwinden. Bei dem zapfenförmigen Blitzableiter sah man bei gleicher Manipulation seltener, aber heftigere und größere Funken übergehen, woraus man schließen muß, daß zwischen den Platten schon bei geringerer Spannung (Ladung) eine übersaugende Thätigkeit beginnt, also solche in der Anwendung sicherer sein müssen, als die Ableiter mit Spitzen.

Ein anderer Versuch mit diesen Vorrichtungen wurde der Art gemacht, daß eine große Leidener Flasche etwa 3 Zoll vom Conductor der Elektrisirmaschine aufgestellt und der innere Beleg mit der oberen Platte *A* des Blitzableiters verbunden wurde, während die untere Platte sowie der äußere Beleg der Flasche mit dem Erdboden in Verbindung stand. Nach längerem Drehen der Glasscheiben, wobei starke Funken auf die Leidener Flasche sprangen, zeigte diese sich fast vollständig entladen. Die untere Platte hatte demnach die von der Flasche auf die obere Platte übergegangene Elektricität abgeso-

gen und der Erde zugeführt, ohne daß zwischen den Platten ein Funken zu sehen war.

Auch bei diesen Versuchen zeigten die Platten sich thätiger als die Spitzen, indem diese die Leidener Flasche weniger vollständig entleerten als die Platten.

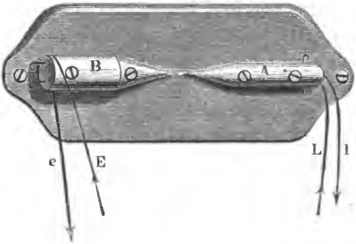
Am 27. Juli 1849, Nachmittags $3^1/_2$ Uhr, entlud sich bei dem $^3/_4$ Meilen weit von Braunschweig an der Bahn nach Vechelde liegenden Dorfe Timmerlahe ein bedeutendes Gewitter. Der Blitz durchbrach den Leitungsdraht des Telegraphen in der Mitte zwischen zwei Stangen. Das eine Ende des Drahtes zeigte auf eine Länge von nahe 2 Fuß viele unregelmäßig ausgefahrene Spitzen, welche am Draht saßen, wie die Dornen an einem Rosenstengel. Unverkennbar war hier das Kupfer geschmolzen und die ausgefahrenen Stacheln hatten sich während des Erkaltens wieder zusammengezogen: denn man bemerkte um dieselben feine, zarte Ringe, wie von einer in Falten zusammengeschobenen Haut. Weitere Spuren der elektrischen Einwirkung fanden sich am Drahte sonst nirgends mehr vor. An den nächsten vier auf einander folgenden Pfählen war die Elektricität vom Draht nach der Erde entwichen und hatte von oben herab in spiralen Gängen von links nach rechts fingerdicke Späne ausgesprengt, welche jedoch an keiner Stange tiefer herabreichten, als etwa 4 Fuß über der Erde; daher die Pfähle unten völlig unbeschädigt geblieben waren. Die Späne waren ganz zerfasert, gespriegelt, vermuthlich weil das schlichtspänige Fichtenholz beim spiralen Durchgang der Elektricität so viel als möglich dem Spane nach ausriß.

Die nach beiden Richtungen hin der Drahtleitung folgende Elektricität äußerte sich auf der ganzen Strecke von Braunschweig bis Vechelde (2 Meilen) auf die heftigste Weise, namentlich in den geschlossenen Bahnwärterhäusern, durch welche die Leitung mit Gutta-Percha isolirt geführt ist, um später transportable Telegraphen einschalten zu können. In dem nächsten Bahnwärterhause stürzten die Leute betäubt zu Boden, der eine Bahnwärter bekam geschwollene Beine und verspürte noch einige Tage nachher den bekannten schrinnenden Schmerz in den Fußsohlen. In einem etwa 5600 Fuß vom Bruch des Drahtes entfernten Bahnwärterhause war ein Theil der elektrischen Ladung vom Drahte ab an der Wand nach einer aufrecht stehenden eisernen Harke (Rechen) gefahren, am eisernen Balken derselben bis zum letzten Zahn und von da ab an der Wand nach der Erde gegangen, welcher Weg an dem fingerbreit ausgeschlagenen Lehmputz genau zu erkennen war. In den entfernteren Bahnwärterhäusern kamen die Leute mit dem Schreck davon, auch verlor sich die Wirkung etwas mit der Entfernung; in allen Häuschen wollen aber die Leute einen fast erstickenden Schwefeldunst verspürt haben.

Der Telegraphist in Vechelde, dessen Apparat mit einem Blitzableiter nach Fig. 121 versehen ist, nahm schon während des Herannahens des Ge-

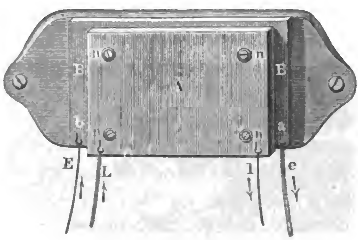
witters das Ueberspringen der Funken von *A* auf *B* wahr und legte, zur gänzlichen Sicherung des Telegraphen, als Ueberleitung einen ziemlich starken stählernen Pfriem auf beide Kupferstücke. Als die heftige Entladung erfolgte, erschien der Pfriem in Feuer gehüllt und fand sich derselbe nachher an beiden spitzen Enden mit rundlichen Knöpfen von geschmolzenem Stahl versehen, wovon nur eine ganz kleine Stelle blau angelaufen erschien. Der Telegraphen-Apparat selbst hatte nicht den mindesten Schaden erlitten.

Fig. 121.



Im Telegraphen-Bureau zu Braunschweig wurde das Ueberspringen der Funken zwischen den Spitzen gleichfalls schon früh bemerkt, und als durch die Verbreitung des Gewitters auch die Drahtleitung des Telegraphen zwischen Braunschweig und Wolfenbüttel afficirt wurde und zwischen den Platten (Fig. 122) des an diesem Apparat angebrachten Blitzableiters bereits heftiges Knistern wahrzunehmen war, leitete der Telegraphist eine Correspondenz mit Wolfenbüttel ein, welche, trotz der Zwischenwirkung der atmosphärischen Elektricität, indem fortwährend Funken von der Platte *A* auf die Platte *B* knisternd übersprangen, ungestört fortgesetzt wurde. Während dieser Correspondenz ereignete sich nun auf der Leitung nach Vechelde, welche fast $^1/_6$ Meile weit nur kaum 8 Zoll entfernt von der Wolfenbüttler Leitung auf denselben Stangen liegt, die beschriebene elektrische Entladung; ein mächtiger Feuerstrahl umhüllte mit einem heftigen Knall die Kupferstücke und eine sofortige Untersuchung zeigte, daß der schon Eingangs erwähnte Fall eingetreten war. Der Blitz war vom Leitungsdraht *l* auf den ihm nahe gelegenen Erddraht *e* vor dem Eintritt in den Apparat übergeschlagen und hatte beide Drähte geschmolzen, so daß sich an den Enden der feinen Drähte kleine Kügelchen zeigten. Der Apparat selbst hatte ebenfalls nicht den geringsten Schaden genommen.

Fig. 122.

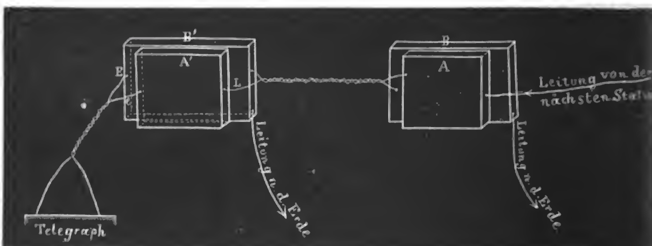


Am 1. August 1849 traf ein solcher zweiter Fall auf der Telegraphen-Station zwischen Schöppenstedt und Jerxheim ein. Die Telegraphen an beiden Stationen sind mit Blitzableitern nach Fig. 122 versehen. Fünf Stangen, jedoch nicht ununterbrochen neben einander, indem dazwischen eine unbeschädigt blieb, zeigten die schon beschriebenen spiral ausgeschlagenen Späne; eine der Porzellankapseln, die den Draht auf den Stangen halten, war zersplittert, jedoch die Drahtleitung ganz geblieben, auf beiden Endstationen wurde der heftige Uebergang der Elektricität an den Blitzableitern beobachtet, und als ein Officiant in Schöppenstedt einen eisernen Hammer mit hölzernem Stiel beide Platten verbindend überlegte, sah man das Feuer sprühen. Sämmtliche Bahnwärter in ihren Häuschen sind erschrocken und haben Schwefeldunst, fast zum Ersticken, verspürt, genau wie schon oben beschrieben; kein telegraphischer Apparat hat die geringste Verletzung erlitten.

Von der enormen Wirkung der Platten-Blitzableiter überzeugt, hat Meißner nichts unversucht gelassen, um einen vollständigen Schutz für die Telegraphisten und die Apparate zu erreichen.

Durch zwei solche Blitzableiter für jeden telegraphischen Apparat, aus Platten, der größeren Wirkung wegen etwa 2 — 3 Quadratfuß groß, der Wohlfeilheit wegen aus Zink, unter einander und mit dem Apparat mittelst feinen etwa $^1/_{10}$ Linie dicken übersponnenen Drähten verbunden, wie die Fig. 123 versinnlicht, hat Meißner diesen Zweck erreicht; denn die Elek-

Fig. 123.



tricität, welche am ersten Blitzableiter von der Platte *A* nicht auf die Platte *B* übergeht, wird am zweiten Plattenpaar von *A'* auf *B'* und so in die Erde gehen oder im ungünstigsten Falle die verschlungenen dünnen Drähte zwischen den beiden Plattenpaaren abbrennen, den Apparat aber unverletzt lassen.

Durch solche Meißner'sche Vorrichtungen wird man die Telegraphen-Beamten und Apparate, sowie die Vorrichtungen in den Bahnwärterhäusern

und die Bahnwärter vor Beschädigungen schützen können, aber die Drahtleitung selbst wird immerhin noch einer solchen Zerstörung unterliegen, wie das Ereigniß am 27. Juli zeigte; denn tritt eine plötzliche elektrische Entladung der Atmosphäre ein, so kann der Leitungsdraht am Punkte der Entladung, seiner zu geringen Leitungsfähigkeit wegen, zerstört und abgeschmolzen werden, ehe das elektrische Fluidum sich bis zu den Schutzvorrichtungen verbreitet und dort abgeht.

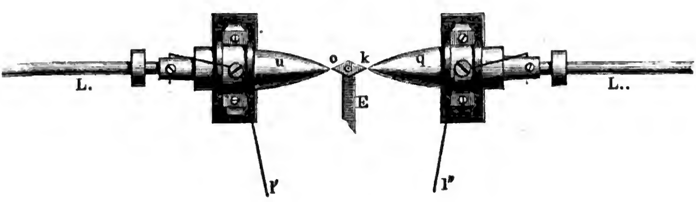
Ja selbst die gewöhnlichen Blitzableiter mit vergoldeten Spitzen leisten nur dann merkliche Dienste, wenn sie sehr häufig angebracht sind, und die Drahtleitung selbst dürfte nur dann möglicherweise vollkommen gesichert sein, wenn die Blitzableiter an den Stangen höchstens 80 Fuß von einander stehen und etwa 10 Fuß die Drahtleitung überragen.

Da aber der Leitungsdraht stets so viel atmosphärische Elektricität nach beiden Seiten hin leiten wird, als seiner Leitungsfähigkeit entspricht, und dieses Quantum bei dem eine Linie dicken Kupferdrahte leicht so groß ist, daß die zarten elektro-magnetischen Apparate unterliegen, so sind die oben beschriebenen Vorkehrungen zum Schutz dieser Maschinen unentbehrlich.

Wie die Erfahrung lehrt, sind aber derlei Schutzmaßregeln nicht nur dann erforderlich, wenn die telegraphische Drahtleitung über der Erde auf Stangen ausgeführt ist, sondern auch bei der mit Gutta-Percha isolirten Leitung unter der Erde, wie solche noch hier und da vorkommen. Die bisherigen Erscheinungen an dieser unterirdischen Leitung sind jenen analog, welche man an der Franklin'schen Platte und an der Leidener Flasche wahrnimmt. Die Erde bildet den einen, der Leitungsdraht den anderen Beleg und die isolirende Gutta-Percha das Glas.

Für die preußischen Staats-Telegraphen-Linien hat der Telegraphen-Director Nottebohm Spitzen-Ableiter construirt und sehr sorgfältig ausführen lassen. Die Fig. 124 zeigt die Einschaltung desselben auf einer Zwischen-

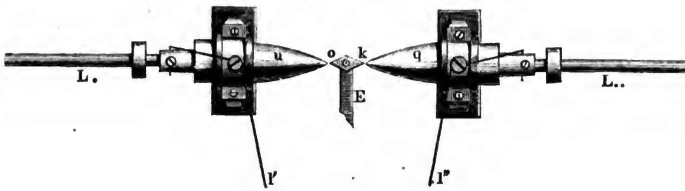
Fig. 124.



Station in die Leitung. Zwischen den zugespitzten Messing-Zapfen *u*, *q* befindet sich der metallene Doppelkegel *ok* so aufgestellt, daß die zugekehrten

Spitzen einander möglichst nahe stehen, ohne sich zu berühren; *ok* steht durch einen Kupferstreifen *E* mit der Erde, die Zapfen *q* und *u* dagegen einerseits mit den von beiden Seiten ankommenden Leitungsdrähten *L.* und *L..*, andererseits mit den nach dem Telegraphen-Apparat gehenden Drähten *l'*, *l''*

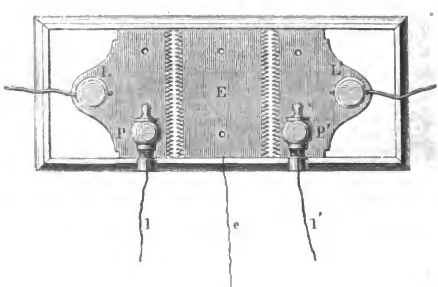
Fig. 125.



in Verbindung. Der galvanische Strom der entfernten Station kommt durch *L.* oder *L..* zu *u* oder *q* und geht darauf durch *l'* oder *l''* zu dem Telegraphen, von wo aus er wie bekannt in der Stationsstellung zur Erde gelangt. Bei der directen Stellung circulirt der Strom in der Richtung *L.*, *u*, *l'*, *l''*, *q*, *L..* oder umgekehrt. Befindet sich jedoch in der Leitung *L.* eine Quantität atmosphärischer Elektricität, so springt diese von *u* auf *ok* durch *E* sofort zur Erde über, ohne die in den Drähten *l' l''* befindlichen Apparate zu berühren.

Für die französischen Telegraphen hat Breguet die in Fig. 126 abgebildeten, aus sägeförmig zugespitzten Platten *L*, *E*, *L'* bestehenden Blitz-

Fig. 126.



ableiter construirt. Die Leitungsdrähte *L*, *L'* sind auf zwei Kupferplatten

festgeschraubt, deren Ränder in scharfe Spitzen nach Art einer Säge auslaufen; zwischen diesen Platten ist eine dritte, ebenfalls sägezähnig begränzte Platte E so eingefügt, daß die Spitzen der Platte E denen der Platten L und L' so nahe als möglich stehen, ohne sie zu berühren. Von den Platten L, L' gehen die in den Klemmen P, P' befestigten Drähte l, l' zu den Telegraphen-Apparaten, während die Platte E durch den Draht e mit der Erde verbunden ist. Der Lauf des galvanischen Stromes und der atmosphärischen Elektricität ist ganz derselbe wie bei dem Nottebohm'schen Ableiter.

Siemens wendet bei Platten-Ableitern starke, gußeiserne Platten an, welche sich leicht auseinandernehmen lassen, wenn sie, was nicht selten geschieht, in Folge des Ueberspringens eines starken elektrischen Funkens zusammengeschmolzen sind. In der neuesten Zeit hat er Ableiter mit luftverdünntem Raume construirt, in welchem die zwei Leitungsdrähte einander genähert sind. Da die Schlagweiten der Elektricität den Dichtigkeiten der trennenden Luftschichten umgekehrt proportional sind, so wird für den luftleeren Raum der Abstand der Platten ganz gleichgültig sein.

Steinheil hat für die Schweizer Telegraphen ebenfalls Blitzplatten angewendet.

Die vorstehend beschriebenen Schutzmittel haben den Zweck, die in der Drahtleitung befindliche atmosphärische Elektricität an den Stations-Gebäuden und an den Zeichengebern möglichst vollständig vorbei zu leiten. Ein ferneres Schutzmittel gegen die Wirkungen dieses Fluidums besteht darin, daß man die Leitung an möglichst vielen Stellen durch metallische Ableiter in nahe Verbindung mit der feuchten Erde bringt, ohne jedoch dadurch die vollständige Isolirung derselben irgendwo aufzuheben, damit der größte Theil des Stromes atmosphärischer Elektricität durch diese Ableiter seinen Weg ins Erdreich nehme, ohne erst die ganze Leitung durchlaufen zu müssen. Um dieses zu erreichen, werden in geeigneten Entfernungen die Tragsäulen mit eisernen Stangen versehen, welche mit einem Ende in die feuchte Erde oder in Koaks-Gruben reichen, mit dem anderen zugespitzten Ende aber sehr nahe bis an die telegraphische Drahtleitung reichen, ohne jedoch dieselbe zu berühren.

Durch Anwendung dieser beiden Schutzmittel erreicht man also einerseits, daß der Strom der atmosphärischen Elektricität geschwächt und längs der Tragsäulen (an den Ableitern) in das feuchte Erdreich abgeleitet werde, andererseits aber, daß auch der geschwächte Strom oder der Rest des atmosphärischen Fluidums an den Stations-Gebäuden und den zeichengebenden Apparaten vorbeigeführt werde, um sich, ohne auf seinem Wege Schaden an-

richten zu können, an den Endpunkten der Leitung ruhig in das große Reservoir der Erde zu ergießen.

Allein die Quellen jener atmosphärischen Einflüsse werden durch die genannten Vorkehrungen keineswegs verschlossen; diese liegen ja fast nur allein in der Disposition des Drahtes und können nicht beseitigt werden, so lange der Draht auf isolirten Stangen durch die Luft ausgespannt bleibt. Das sicherste Mittel, die Telegraphen den meisten jener nachtheiligen Einwirkungen der Luft-Elektricität zu entziehen, wäre eine unterirdische Leitung, wenn diese nicht wieder Verlegenheiten anderer Art mit sich brächte.

Sechster Abschnitt.

Anhang.

Die elektrischen Uhren.

93. Eine der ersten und schönsten Anwendungen, welche man von der elektrischen Telegraphie gemacht hat, ist die Construction der elektrischen oder elektro-magnetischen Uhren.

Wenn man in einer Stadt mehrere Uhren aufstellt, so hat man dabei die Absicht, an allen diesen Stellen die wahre Zeit anzugeben; diese kann aber dann nicht mehr erkannt werden, wenn die einzelnen Uhren zu gleicher Zeit verschiedene Stunden oder Minuten anzeigen. Die Uhrmacherkunst hat sich seit vielen Jahren mit der schwierigen Aufgabe beschäftigt, Uhren von durchaus gleichmäßigem Gange zu construiren; aber trotz aller angewandten Mittel sind diese Bestrebungen stets ohne Erfolg geblieben. Selbst die vollkommensten astronomischen Uhren gehen nur während kurzer Zeit übereinstimmend und man ist gegenwärtig damit einverstanden, daß eine vollständige Gleichmäßigkeit der Bewegung von so complicirten Maschinerien nicht erwartet werden kann.

Bei der ungeheuren Geschwindigkeit, mit welcher das galvanische Fluidum die Leitungsdrähte durchläuft und die Gedanken mittelst des Telegraphen fast momentan auf die bedeutendsten Entfernungen überträgt, liegt der Gedanke nahe, durch ähnliche Vorrichtungen auch die Zeit zu telegraphiren, oder die von irgend einer Gewicht- oder Pendel-Uhr angezeigte Zeit auf beliebig viele andere, in beliebigen Entfernungen aufgestellte Apparate zu übertragen.

Hier ist es wieder Steinheil in München, der zuerst diese Idee in ihrer Allgemeinheit auffaßte und sie zum Theil im September 1839 zur Aus-

führung brachte; ihm allein gebührt die Ehre der Erfindung der Zeit-Telegraphie.

Ein Jahr später (November 1840) und wahrscheinlich ohne mit den Arbeiten Steinheil's bekannt zu sein, nahm Prof. Wheatstone, der schon im Laufe des Sommers 1840 seinen Freunden und Schülern gegenüber seine Ideen über die Einrichtung galvanischer Uhren mehrfach ausgesprochen hatte, ein Patent auf einen Zeit-Telegraphen, während fast gleichzeitig der erfinderische und geschickte Mechaniker Bain mit seinen Ansprüchen auf die Ehre der Erfindung dieser Instrumente, freilich in einer dem wahren Künstler wenig geziemenden Weise, dem Prof. Wheatstone gegenüber auftrat. Seitdem haben sich fast alle Erfinder von elektrischen Telegraphen mit der Construction und der Vervollkommnung der galvanischen Uhren beschäftigt und es sind hier insbesondere, außer Steinheil, Wheatstone, Bain, noch zu nennen P. Garnier, Wadham, Pernell, Fardely, Weare, Breguet, Gläsener, Stöhrer, Siemens und Halske, Kramer u. A. —

Man kann alle diese Vorrichtungen in zwei Classen theilen; sie sind nämlich entweder bloß Zeit-Telegraphen, in denen eine gewöhnliche Normal-Uhr, welche selbst durch Gewicht- oder Federkraft im Gange erhalten wird, ihre Zeit auf andere, entfernt stehende und durch einen Leitungsdraht mit ihr verbundene Apparate überträgt; oder aber die Normal-Uhr selbst wird, ohne daß irgend ein Laufwerk zur Anwendnung kommt, bloß durch galvanische oder magnetische Kraft in Thätigkeit gesetzt und erhalten.

Es ist klar, daß Einrichtungen der letzteren Art den Vorzug vor den Zeit-Telegraphen verdienten, vorausgesetzt, daß es gelänge, eine lange andauernde und während ihrer Wirksamkeit stets gleichbleibende galvanische Kraft zu entwickeln; denn in diesem Falle fiele das Aufziehen der Normal-Uhr und alles Reguliren derselben gänzlich weg.

94. **Die elektrische Uhr Steinheil's.** Die Idee Steinheil's läuft darauf hinaus, durch galvanische Kräfte auf die einzelnen Uhren irgend eines großen Gebäudes oder eines Stadtviertels, oder einer ganzen Stadt derart einzuwirken, daß alle gleichzeitig die ganzen und die halben Stunden zeigen und schlagen. Er führte dieselbe auf Befehl des Königs von Baiern an den Uhren des königl. Instituts für junge Damen zu München aus, und die Vorrichtung ist derart, daß die Uebereinstimmung sämmtlicher durch einen Leitungsdraht mit einer Normal-Uhr verbundener Uhren in bestimmten Zwischenräumen, etwa von halber zu halber Stunde, durch einen galvanischen Strom hergestellt wird.

Gut gearbeitete Uhren werden während der Dauer einiger Stunden nur sehr wenig, höchstens um ½ — 1 Minute von einander abweichen.

In dem Augenblicke nun, wo die Normal-Uhr die halbe Stunde schlägt, geht ein galvanischer Strom durch die ganze Leitung, welcher in allen eingeschalteten Uhren zu derselben Zeit ein Hufeisen magnetisirt. Durch die Anziehung eines Ankers, welcher mittelst eines Hebels auf den Minuten-Zeiger der Uhr wirkt, werden dann alle diese Zeiger, wenn sie nicht schon genau die halbe Stunde anzeigen, vor- oder zurückgeschoben und genau auf die halbe Stunde gerückt. Auf diese Weise erfolgt die Einwirkung des Galvanismus von halber zu halber Stunde, und da der galvanische Strom in demselben Momente alle Uhren durchläuft, so bewirkt er, daß alle Uhren zu gleicher Zeit die halben und die ganzen Stunden anzeigen.

95. **Die elektrische Uhr Wheatstone's**, welche er zuerst in einer der Sitzungen der königl. Societät zu London im November 1840 vorzeigte und erklärte, stimmt im Wesentlichen mit seinem Telegraphen überein. Das Zifferblatt des Indicators, welches bei dem Telegraphen das Alphabet enthält, hat hier die Eintheilung einer gewöhnlichen Uhr mit Stunden, Minuten und Secunden, und während das Speichenrad des Communicators, welcher dazu bestimmt ist, den elektrischen Strom zu unterbrechen und wieder herzustellen, bei dem Telegraphen durch die Hand des Telegraphisten bewegt wird, erhält dasselbe bei der galvanischen Uhr seine Bewegung durch die Welle des Minuten- oder Secunden-Zeigers einer gewöhnlichen Gewicht- oder Feder-Uhr. Bei dieser Vorrichtung kommt demnach in den galvanischen Uhren keiner der Theile zur Anwendung, deren man sich gewöhnlich bedient, um die bewegende Kraft eines Uhrwerkes in Thätigkeit zu versetzen und die Bewegung zu reguliren. Eine solche Uhr besteht vielmehr bloß aus einer Scheibe, welche ihren Stunden-, Minuten- und Secunden-Zeiger hat, und aus einem Systeme von Rädern, durch welche, wie in den Taschen-Uhren, der Secunden-Zeiger seine Bewegung dem Minuten- und Stunden-Zeiger mittheilt. Ein kleiner Elektro-Magnet nebst Anker wirkt auf ein besonders eingerichtetes Rad, welches auf der Welle des Secunden-Zeigers festsitzt, in ähnlicher Art, wie bei dem Telegraphen S. 95; so oft nämlich der Magnetismus in dem Elektro-Magneten hergestellt und wieder aufgehoben wird, dreht sich dieses Rad und demgemäß auch der Secunden-Zeiger um den sechzigsten Theil der ganzen Umdrehung, während durch eben dieses Manöver bei dem Telegraphen der Zeiger um den 24sten Theil der Umdrehung von Buchstaben zu Buchstaben fortrückt. Wenn man also durch irgend eine Vorrichtung auf den den Elektro-Magneten umkreisenden Strom so einwirkt, daß das jedesmalige Unterbrechen und Wiederherstellen desselben genau in einer Secunde erfolgt, so ist klar, daß eine solche Scheiben-Vorrichtung, obgleich sie jeder Gewicht- und Federkraft entbehrt, die Bewegungen des Zeigers in der Normal-Uhr vollständig nachmachen muß. Diese Unterbre-

chung und Wiederherstellung des Stromes geschieht durch die Normal-Uhr auf folgende Weise. Auf der Axe des Echappement-Rades der Normal-Uhr, welches sich in einer Minute ganz umdreht, befindet sich eine kleine Scheibe von Messing, deren Umfang 60 gleiche Theile enthält, von denen je einer um den anderen ausgeschnitten und mit einer isolirenden Substanz, z. B. Elfenbein, ausgefüllt ist. Eine kupferne, äußerst leicht gespannte Feder, welche an einem Elfenbeinklötzchen befestigt ist und daher mit den metallischen Theilen der Uhr in keiner weiteren Verbindung steht, drückt mit ihrem freien Ende leicht gegen den Umfang der eingetheilten Scheibe. Ein Kupferdraht verbindet das feste Ende dieser Feder mit dem einen Ende der Drahtspirale des in der vorhin beschriebenen galvanischen Uhr befindlichen Elektro-Magneten, während das andere Ende dieser Spirale nach der Axe der mit Elfenbein besetzten Unterbrechungsscheibe zurückläuft. Eine constante Batterie von sehr kleiner Dimension ist an irgend einer Stelle in der Drahtleitung eingeschaltet.

Bei diesem Arrangement wird die Batterie, sobald die Normal-Uhr in Bewegung kommt und ihre Unterbrechungsscheibe dreht, abwechselnd geschlossen und geöffnet, indem die Feder auf dem Umfange dieser Scheibe bald auf Metall, bald auf Elfenbein steht. Da dieses durch die Normal-Uhr 60mal in der Minute geschieht, so erfolgt in jeder Secunde eine Unterbrechung und eine Wiederherstellung des galvanischen Stromes, und daher muß in der galvanischen Uhr durch die Einwirkung des Elektro-Magneten auf das Echappement ihres Secunden-Zeigers derselbe genau mit jeder Secunde um einen Theilstrich fortrücken.

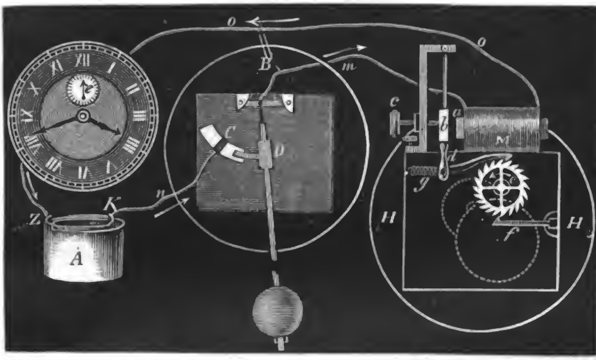
Es ist klar, daß, da der Schließungsdraht der Batterie beliebig lang sein kann, eine beliebige Anzahl von galvanischen Uhren oder derartigen Scheiben-Apparaten alle Zeitangaben der Normal-Uhr wiederholen kann. Es ist dabei bloß zu beachten, daß, je mehr Zwischen-Apparate in die Drahtleitung eingeschoben werden, der Strom um so mehr geschwächt wird, und daß also die Größe der Batterie in ein richtiges Verhältniß zu der Anzahl der einzuschaltenden Uhren oder zu der Länge des ganzen Leitungsdrahtes zu setzen ist.

Bei dieser Vorrichtung Wheatstone's, es mag die Unterbrechungsscheibe noch so leicht gearbeitet sein, ist es schwer, wegen des Reibungswiderstandes an der Feder und an der Axe dieser Scheibe, eine vollkommene Regelmäßigkeit in dem Gange der Uhr auf die Dauer zu erhalten.

96. **Das System der elektrischen Uhren von Bain.** Ein System mehrerer einzelner, unter dem Einflusse einer Normal-Uhr und eines galvanischen Stromes stehender Uhren nach Bain's Einrichtung ist in Fig. 127 abgebildet.

B ist die hintere Seite einer gewöhnlichen Gewicht- oder Feder-Uhr, deren Pendel halbe Secunden schlägt.

Fig. 127.



C eine Platte von Elfenbein, welche in ihrer Mitte ein eingelegtes Stück Kupfer trägt.

D eine metallene Feder, welche mit der metallenen Pendelstange fest verbunden ist und mit dem freien Ende über die Elfenbeinplatte gleitet. Dieses Ende steht daher bei der Bewegung des Pendels bald auf Elfenbein, bald auf Kupfer.

A ist die galvanische Batterie, deren positiver Pol *K* durch den Draht *n* mit dem Kupferstücke der Elfenbeinplatte *C* in der Normal-Uhr in Verbindung steht.

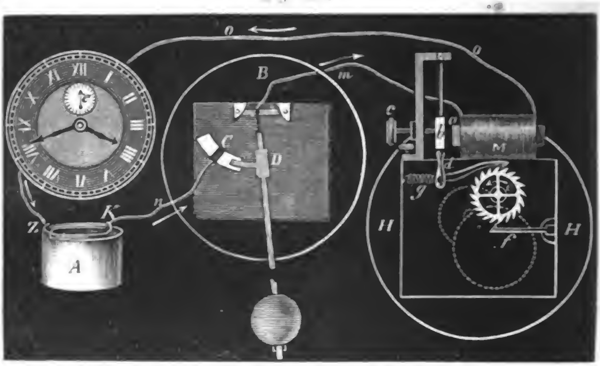
Von der Aufhängeplatte des Pendels, welche mit der Pendelstange selbst in metallischer Verbindung steht, geht ein Leitungsdraht *m* nach einem Elektro-Magneten *M* der ersten galvanischen Uhr *HH*, dessen Umwindungen die Fortsetzung des Drahtes *m* sind. Von der ersten galvanischen Uhr geht dieser Draht *o o* in ähnlicher Weise nach allen übrigen Uhren, bis er von der letzten als das Ende des Umwindungsdrahtes ihres Elektro-Magneten nach dem negativen Pole *Z* der Batterie zurückläuft und so für den galvanischen Strom eine geschlossene Kette bildet.

Da zwischen jedem Hin- und Hergange des Pendels in der Normal-Uhr eine ganze Secunde verfließt und dabei die Metallfeder *D* einmal auf das kupferne Einsatzstück der Scheibe *C* zu stehen kommt, so ist klar, daß der galvanische Strom mit jeder Secunde auf einen Augenblick hergestellt oder daß die Batterie *A* im Anfange einer jeden Secunde geschlossen wird und

ihren Strom in demselben Momente durch alle in der Leitung *moo* eingeschalteten Uhren hindurchsendet.

Die innere Einrichtung einer jeden dieser secundären Uhren ist in dem rechts liegenden Theile der Zeichnung abgebildet:

Fig. 128.



M ist die Drahtspirale des Elektro-Magneten, *a* dessen Kern von Eisen. Die Enden der Drahtspirale stehen mit dem Leitungsdrahte *m* und *oo* in Verbindung.

b ist der an einer Feder aufgehängte, leicht bewegliche Anker des Elektro-Magneten. Die Schraube *c* dient dazu, die Bewegung des Ankers zu reguliren.

d ist ein an dem Anker befestigter Haken, welcher in die Zähne des Hemmungsrades *e* eingreift und dazu dient, die Bewegung dieses Rades zu bewirken. Das Rad *e* hat 60 Zähne.

f ist ein auf einer Feder sitzender Sperrhaken, welcher dazu dient, eine rückgängige Bewegung des Rades zu verhindern.

Der Gang aller dieser Uhren erfolgt nun in folgender Weise:

Sobald das Pendel der Normal-Uhr beim Beginn der ersten Secunde nach der Linken gelenkt wird, berührt die Feder *D* den Kupferstreifen der Scheibe *C* und schließt dadurch die Batterie *A*. In demselben Augenblicke circulirt der galvanische Strom von *K* durch *n* und das Kupferstück zu der Feder *D*, weiter durch die Pendelstange nach dem Aufhängepunkte und durch den Leitungsdraht *m* zu dem Elektro-Magneten *M* der ersten Uhr. Nachdem er dessen Umwindungen durchlaufen hat, wendet er sich durch den folgenden Leitungsdraht *oo* nach dem Elektro-Magneten der zweiten Uhr u. s. w.

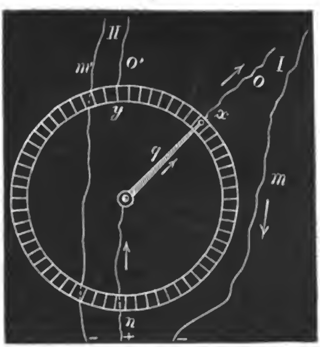
und kehrt endlich bei Z wieder zu dem negativen Pole der Batterie A zurück. In allen secundären Uhren wird also gleichzeitig der Anker b von a angezogen und es gleitet der Haken d, ohne das Rad e rundbewegen zu können, über den nächsten Zahn hinweg und legt sich in die folgende Zahnlücke ein. Sobald aber das Pendel in B nach der Rechten zurückschwingt und die Feder D das Metallstück verläßt, wird der Strom unterbrochen. Dadurch fallen in den secundären Uhren alle Anker b von den Magnetpolen a ab, theils durch ihr eigenes Gewicht, theils durch die Spiralfeder g zurückgezogen. Der zurückweichende Anker b zieht dann seinen Haken d und dieser einen Zahn des Rades e mit sich, welches sich also in der Richtung des beigesetzten Pfeiles um $^1/_{60}$ seines Umfanges runddreht.

Da dieses Spiel sich mit jeder Secunde wiederholt, so hat sich nach einer Minute das Rad e ganz umgedreht. Der Zeiger desselben giebt demnach die Secunden an; die Bewegung des Minuten- und Stundenzeigers erfolgt wie gewöhnlich durch ein System von Rädern, das seine Bewegung durch das Secundenrad e erhält.

Wenn auf diese Weise eine große Anzahl von secundären Uhren in der Leitung eingeschaltet ist, so wird der Strom durch die vielen und feinen Drähte der Multiplicatorrollen sehr geschwächt, und es muß die Batterie, um den Strom auf die erforderliche Intensität zu bringen, verhältnißmäßig verstärkt werden. Aber auch ohne diese, mit größeren Kosten verbundene Verstärkung der Batterie kann diesem Uebelstande dadurch abgeholfen werden, daß man den Secunden-Zeiger wegfallen und den Haken d unmittelbar auf das Minuten-Rad einwirken läßt, und daß man nicht allen Uhren zu gleicher Zeit, sondern einer nach der anderen den galvanischen Strom zuführt.

Zu diesem Zweck läßt man den Secunden-Zeiger q (Fig. 129) der Normal-Uhr B (Fig. 128) über einen elfenbeinernen Kreisring gleiten, dessen Umfang mit 60 kupfernen Einsatzstücken in gleichen Abständen versehen ist. Der von dem + Pole der Batterie kommende Leitungsdraht n ist mit der Axe des Zeigers q verbunden. Die beiden Enden des Umwindungsdrahtes M (Fig. 128) aller secundären Uhren laufen nach der Normal-Uhr zusammen und zwar ist das eine Ende mit dem — Pole

Fig. 129.



der Batterie, das andere mit einem der 60 Einsatzstücke des Randes verbunden.

I und *II* mögen zwei secundäre Uhren von der eben genannten Construction sein; die von den Elektro-Magneten kommenden Drähte sind *o*, *m* und *o' m'*; während *o* und *o'* zu je einem der Kupferstücke *x*, *y* in der Peripherie des Elfenbeinringes laufen, endigen die Drähte *m*, *m'* an dem — Pole der Batterie.

Sobald nun die Normal-Uhr in Bewegung gesetzt wird, gleitet der Secunden-Zeiger *q* über den Rand des Elfenbeinringes, berührt eines der Kupferstücke nach dem anderen und sendet einer Uhr nach der anderen einen galvanischen Strom zu. Tritt nämlich der Zeiger *q* auf *x*, so geht ein Strom von + Pole über *n* durch *q* zu *x*, weiter durch *o* zu dem Elektro-Magneten der Uhr *I* und zurück durch *m* zu dem — Pole der Batterie. Der Haken *d*, Fig. 128, legt sich in die folgende Zahnlücke des Rades *e* ein und sobald der Zeiger *q* auf das folgende Kupferstück springt, dreht sich das Rad *e* der Uhr *I* um einen Zahn und sein Zeiger springt um eine Minute weiter. Dasselbe geschieht für die Uhr *II*, sobald der Zeiger *q* auf *y* eintrifft.

Erst nach einem ganzen Umlaufe des Zeigers *q*, also nach 1 Minute, trifft er wieder auf *x* ein und veranlaßt das Rad *e* in der Uhr *I*, um einen Zahn weiter zu geben.

Auf diese Weise wird immer nur einer einzigen Uhr vermittelst der Normal-Uhr eine Minute zutelegraphirt, und da der Strom hierbei immer nur eine einzige Drahtspirale zu durchlaufen hat, also eine geringe Schwächung durch die Drahtleitung erleidet, so reichen schwache Batterien, welche im Allgemeinen viel länger in gleichförmiger Thätigkeit erhalten werden können, als stärkere, zum Betriebe dieses Uhren-Systems vollkommen aus.

So vortheilhaft indessen diese Einrichtung auch in einer Beziehung ist, so ist sie dennoch unpraktisch, weil jede der galvanischen Uhren ihre besondere Hin- und Zurückleitung erfordert und die Kosten der Anlagen dadurch zu hoch ausfallen.

Außer diesen zwei Systemen von galvanischen Uhren hat **Bain** deren noch andere construirt, in denen ein Multiplicator aus vielen um einen kräftigen Stahl-Magneten gelegten Umwindungen durch einen galvanischen Strom, welcher hindurchgeführt wird, um den feststehenden Magneten abgelenkt und diese Ablenkung dazu benutzt wird, um ein gezahntes Rad durch ein Echappement in eine sprungweise absetzende Bewegung zu bringen. Auch hat derselbe einfache Vorrichtungen angegeben, durch welche beliebig viele Uhren unter dem Einflusse einer galvanischen Kraft mit einer Normal-Uhr genau gleichzeitig die ganzen Stunden anzeigen, wie dieses schon früher durch **Steinheil** ausgeführt worden ist. Die mit der Hauptuhr durch einen Leitungsdraht zusammenhängenden Uhren können nämlich im Laufe

einer Stunde der Hauptuhr voreilen oder hinter derselben zurückbleiben. In beiden Fällen ergreift zur Zeit, wo die Stunde der Hauptuhr voll wird, oder der Minuten-Zeiger derselben auf XII rückt und eben dadurch einen galvanischen Strom durch die Leitung hindurchsendet, in jeder Nebenuhr eine von einem Elektro-Magneten niedergezogene Gabel mit ihren zwei Zinken den Minuten-Zeiger und stellt denselben ebenfalls genau auf XII, wodurch alle Nebenuhren am Ende einer jeden Stunde mit der Hauptuhr wieder genau übereinstimmen.

97. **Die elektrischen Uhren von P. Garnier.** Der Pariser Uhrmacher Garnier ging bei der Anfertigung seiner chronometrischen Apparate von der Ansicht aus, daß der für die Regulirung der Uhr wesentlichste Theil, das Pendel, in seiner Bewegung nicht gehindert werden dürfe, was bei den im Vorigen beschriebenen Uhren der Fall ist, da in ihnen direct auf das Pendel eingewirkt wird. Auf der anderen Seite bemühte er sich, der Bewegung des Hemmungsrades eine größere Sicherheit zu geben und durch eine eigenthümliche Construction zu verhüten, daß niemals eine Bewegung dieses Rades um zwei Zähne zugleich erfolge.

Die von Garnier bereits im Großen ausgeführten Uhren beruhen wieder auf dem Principe, die von einer Normal-Uhr angegebene Zeit einer beliebigen Anzahl von secundären Uhren so mitzutheilen, daß alle in ihrem Gange mit der Normal-Uhr übereinstimmen, ohne daß irgend eine Temperaturveränderung dabei einen störenden Einfluß ausüben könne.

Die Normal-Uhr ist eine gewöhnliche Gewichts-Uhr, die den Zweck hat, den elektrischen Strom einer Batterie in regelmäßigen Intervallen zu unterbrechen. Diese Unterbrechung geschieht jedoch nicht, wie bei Bain, durch das Pendel, sondern durch ein mit dem gewöhnlichen die Zeiger führenden Räderwerke verbundenes System von Rädern, von denen das letzte einen Hebel in regelmäßigen Zeitabschnitten hebt und niederfallen läßt. Diese abwechselnde Bewegung des Hebels bewirkt die Unterbrechung und Wiederherstellung des galvanischen Stromes, welche alle 5 — 6 Secunden erfolgt.

Wesentlich verschieden von dem gleichen Theile in den Bain'schen Uhren ist das die erste Bewegung empfangende Hauptrad von Garnier. Es ist in der Fig. 130 (a. f. S.) abgebildet.

A bezeichnet die Platte, auf welcher die einzelnen Theile befestigt sind;

B das Hemmungsrad, dessen Welle in das auf gewöhnliche Weise gezahnte Minuten-Rad *C* eingreift;

D die Metallplatte, welche die Zapfenlager für die Räder *B* und *C* enthält;

E einen mit seinem Kopfe in die Zähne des Rades *B* eingreifenden

durch die Feder *e* niedergehaltenen Sperrhaken, welcher eine rückläufige Bewegung des Rades *B* verhindert;

Fig. 130.

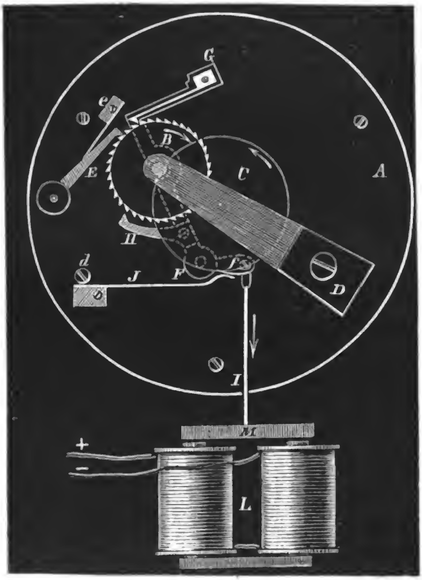


Fig. 131.



F einen Winkelhebel, auf dessen einen Schenkel *f* die durch den Anker eines Elektro-Magneten bewegte Zugstange *I* einwirkt.

Die Fig. 131 zeigt diesen Hebel getrennt vom Apparate: er enthält an seinem oberen Ende den Querarm *G* mit einer kleinen Feder, die auf das Ende dieses Armes festgeschraubt ist und mit ihrem hakenförmigen Ende ebenfalls in das Sperrrad *B* eingreift.

H ist ein Graham'scher Anker, der auf dem Hebel *F* festgeschraubt ist und dazu dient, bei jeder abwärts gerichteten Bewegung des Schenkels *f*, wodurch der Haken der Feder *G* einen Radzahn fortzieht, mit seinen Lippen in die Zähne des Rades *B* einzugreifen und zu verhüten, daß zwei Zähne des Rades *B* auf einmal fortgezogen würden, oder daß die Bewegung dieses Rades schwankend und unsicher sei;

L der Elektro-Magnet; die Enden seiner Windungen laufen zu der

Normal-Uhr, welche, wie vorhin gesagt, etwa von 5 zu 5 Secunden den galvanischen Strom wiederherstellt und unterbricht;

M der Anker, welcher an der Zugstange *I* befestigt ist und durch den von der Feder *J* auf den Schenkel *f* ausgeübten Druck so lange aufwärts gezogen und über den Polen des Elektro-Magneten so lange schwebend erhalten wird, bis ein galvanischer Strom die Windungen desselben durchläuft.

Wenn dieses Letztere geschieht, so zieht der Magnet *L* die Armatur *M* herab, *f* geht nieder und der Hebel *F* bewegt sich von der Linken zur Rechten. Der Haken der Feder *G* bewegt sich in derselben Richtung und zieht einen Zahn des Rades *B* fort, wobei die Feder *E* nachgiebt und ihren Haken über den nächsten Zahn hinweggleiten läßt. Der Anker *H* hat gleichzeitig seine linke Lippe in die Zahnlücke des Rades *B* eingelegt und dadurch verhütet, daß nicht zwei Zähne durch die Feder *G* weggezogen werden konnten.

Wird der Strom wieder unterbrochen, so drückt die Feder *J* den Schenkel *f* und mit ihm den Schenkel *F* nebst allen seinen Theilen in die vorige Lage zurück. Die Sperrfeder *E* verhindert, daß das Rad *B* an dieser rückgängigen Bewegung Theil nehmen kann, während der Haken *G* dieser Bewegung des Hebels folgt und über den benachbarten Zahn des Rades *B* weggleitend sich wieder in eine Zahnlücke einlegt.

Bei jedem neuen Strome, also nach je 5 Secunden, wiederholt sich diese Bewegung des Rades *B*, dessen Runddrehung demnach bei 60 Zähnen in 5 Minuten erfolgt. Von ihm wird die Bewegung auf das Minuten- und Stunden-Rad wie gewöhnlich übertragen.

Die Einfachheit dieses Garnier'schen Systemes und die Sicherheit, mit welcher die einzelnen Theile des Apparates arbeiten, läßt keinen Zweifel aufkommen, daß dasselbe sich im Großen Eingang verschaffen wird, wie es denn bereits von der provisorischen Verwaltung der Lyoner- und der Nord-Eisenbahn angenommen ist.

Die geringe galvanische Kraft, welche zum Magnetisiren kleiner Elektro-Magnete erforderlich ist, gestattete Garnier, Batterien von Zink- und Kupferstreifen, welche in einer mit Salmiaklösung angefeuchteten Sandmasse stehen, anzuwenden. Eine solche Batterie bestand aus zwei Messingblechen von 15377 □Millimeter (22 □Zoll) Oberfläche, welche durch ein mit Zinn angelöthetes Band mit einander verbunden waren, und aus zwei Zinkblechen von 13130 □Millimeter Oberfläche, die ebenfalls verbunden waren. Das System dieser beiden Metallbleche war in ein Faß gestellt und die Zwischenräume waren mit feinem Sande angefüllt, welcher mit einer Salmiaklösung angefeuchtet war. Diese Batterie blieb vom 17. September bis zum 1. December in ununterbrochener Thätigkeit.

Da eine der Uhren in Folge der Schwächung des Stromes in Stillstand gerathen war, so wurde die Batterie auseinandergenommen.

Die Oberfläche der Messingbleche war bis zu zwei Drittel ihrer Breite — von unten an gerechnet — schwach oxydirt, das obere Drittel war es in geringerem Grade.

Das zwischen den Messingblechen stehende Zink war im oberen Theile bis auf etwa zwei Drittel seiner Breite und gegen die Enden etwas mehr zerfressen. Es war vielfach durchlöchert, und doch betrug die Gewichtsabnahme des Zinks nur 350 Grammes (25 Loth), nachdem es 75 Tage lang ununterbrochen in Thätigkeit gewesen war, was also nur $1/3$ Loth pro Tag betrug. Das Befeuchten des Sandes geschah alle 8 Tage einmal und es wurden in dem genannten Zeitraume beiläufig 500 Grammes Salmiak verbraucht.

Die seitdem von **Garnier** zusammengesetzten Batterien bestehen aus mehreren Kupfer- und Zinkstreifen, welche nach einiger Zeit einzeln gegen neue umgewechselt werden, ohne daß dabei ein Auseinandernehmen der Batterie und eine Störung in dem Gange der Uhren nöthig ist. Diese Batterien halten noch länger vor und der durch sie erzeugte Strom wird in ziemlich langer Zeit nur sehr wenig schwächer.

98. **Die elektrischen Uhren von Stöhrer und Scholle in Leipzig.** Seit dem Jahre 1849 sind diese Uhren in Leipzig fast in allen Straßen der inneren Stadt vertheilt im Gange. Das Princip, nach welchem das Werk dieser Uhren construirt ist, kann erst nach Ablauf des Patents für dieselben mit Ende dieses Jahres der Oeffentlichkeit übergeben werden. Vorläufig ist zu bemerken, daß dies Princip der Bewegung eines Zeigers durch die Thätigkeit eines Elektro-Magneten von allen bisher bekannten abweicht. Die Zeiger der Uhren springen von Minute zu Minute, und das Aeußere einer solchen Uhr unterscheidet sich durch nichts von dem einer gewöhnlichen.

Ihrer Größe nach sind die Uhren bis zu 3 Fuß Durchmesser des Zifferblattes ausgeführt, und theils in Kaffeehäusern, Comptoiren, öffentlichen Sälen, am Aeußeren der Schulen und Bahnhöfe angebracht.

Bis jetzt sind 12 Straßen und Plätze mit der Normal-Uhr der Stadt, auf dem Rathhause am Markt befindlich, durch Leitung verbunden. Der Leitungsdraht von Kupfer ist eine Linie stark und ohne Isolation unter den Gesimsen der Häuser, welche sich gewöhnlich zwischen dem Parterre und dem ersten Stockwerk vorfinden, fortgeführt, also dem Anblick fast ganz entzogen. Straßenübergänge sind wo möglich vermieden, und wo sie nicht umgangen werden konnten, über dem zweiten Stockwerk angebracht.

Gegen Erwartung ist eine absichtliche Zerstörung des Leitungsdrahtes bis jetzt, also während 4 Jahre, nicht ein einziges Mal vorgekommen. Ein-

mal nur wurde der Draht beim Abputz eines Hauses aus Versehen zerrissen.

Im Ganzen werden einige funfzig Uhren betrieben, wozu eine sogenannte Daniell'sche Batterie von 12 Elementen angewandt wird.

Die Gesammtleitung ist in 4 Abtheilungen gebracht, deren Enden einerseits mit der Normal-Uhr, andererseits durch Blitzableiter und Gasleitungsröhren mit der Erde in Verbindung stehen.

Die Normal-Uhr verbindet eine Abtheilung nach der anderen mit der Batterie, so daß zwischen jedem Stromimpulse eine Pause von einer Secunde stattfindet, welche Differenz für den praktischen Gebrauch der Uhren ohne Nachtheil ist.

Die Batterie wird alle vier Wochen gereinigt, indem während der Pausen eine Zelle nach der anderen herausgenommen und durch eine gereinigte ersetzt wird. Die porösen Zellen bestehen aus Spritzenschlauch, nicht aus Porzellan. Dieselben Schläuche haben bis jetzt seit drei Jahren ausgehalten und können noch fernere drei Jahre benutzt werden, weil zu der Füllung nur gesättigte Alaunauflösung verwandt wird. Die äußeren Gefäße sind wie gewöhnlich von Kupfer mit gesättigter Kupfervitriol-Auflösung gefüllt. Auf die constante Wirkung dieser Batterie kann man sicher rechnen, und seit dieselbe die beschriebene Einrichtung besitzt, ist nie ein Fehler vorgekommen, der der Unregelmäßigkeit ihrer Wirkung zuzuschreiben wäre.

Störungen im Allgemeinen sind in folgenden Fällen vorgekommen:

1) durch Verunreinigung, Einfrieren und einige Mängel der früheren Construction der Uhrwerke. Während einige dem Witterungswechsel sehr ausgesetzte Uhren öfters in ihrem Gange gestört wurden, sind andere drei Jahre lang ohne Reinigung oder sonstige Nachhülfe immer genau richtig fortgegangen;
2) durch Zerstörung des isolirenden Gutta-Percha-Ueberzuges derjenigen zusammengewundenen Drähte, welche von der Straßenleitung aus in das Innere der Häuser bis zu den Uhren führen;
3) durch Unterbrechung der in Gasröhren angebrachten Erdverbindung, indem letztere bei Reparaturen an einer entfernteren Stelle unterbrochen wurden.

Ziemliche Bedenklichkeit erregt die Anlage der elektrischen Uhren beim Publicum, weil man die Entladung eines Blitzschlages in die Drahtleitung befürchtet, und dies ist auch der Grund, weshalb die Betheiligung bisher nicht bedeutender ausgefallen ist.

Gegen diese Befürchtung spricht nun aber die in vier Jahren gemachte Erfahrung ganz und gar. In dieser Zeit haben sich wenigstens acht starke und viele schwächere Gewitter über dem Centrum der Stadt entladen, ohne daß dadurch nur eine einzige Uhr in ihrem Gange gestört worden wäre.

Drei starke Blitze entluden sich in Blitzableitern von Häusern, an welchen der Leitungsdraht vorüberführt, ohne eine merkliche Spur zu hinterlassen.

Der Grund, weshalb die bei Telegraphenleitungen so häufig vorkommenden Störungen durch Gewitter hier nicht eintreten, ist einmal in der geringen Längenausdehnung der Leitung, hauptsächlich aber in der absichtlich vermiedenen Isolation der Drähte zu suchen. Wenn ein Gewitter über der Stadt sich entladet, so kann entgegengesetzte Elektricität sich in den Leitungsdrähten nicht anhäufen, weil diese an sehr vielen Stellen mit dem Mauerwerk der Häuser in directer Berührung stehen; sie verhalten sich in diesem Falle ganz so wie jeder Klingelzug u. s. w.

Die Kosten der Gesammtanlage werden gedeckt durch einen jährlichen Beitrag der Uhrenbesitzer. Derselbe wird nach der Größe der Uhr bestimmt, so daß für die kleinsten Uhren ein Beitrag von 2 Thalern, für die größten von 4 Thalern jährlich zu zahlen ist.

Die Uhren selbst sind Eigenthum der Besitzer und werden je nach ihrer Größe und Eleganz mit 14 bis 40 Thalern bezahlt.

99. **Die elektrischen Uhren von Siemens-Halske,** welche in Berlin mehrfach in Betrieb sind, setzen ebenfalls eine Normal-Uhr voraus. Sie bestehen aus dem Elektro-Magneten MM, Fig. 132, der isolirt auf der Platte g und mit dieser auf der Platte PP festgeschraubt ist. Den Polen pp ganz nahe gegenüber steht fast vertical der um h drehbare Anker aa; die Abreißfeder f zieht ihn in der Ruhelage, wenn er von den Polen pp nicht angezogen ist, bis zu dem Aufhaltestifte i zurück. An seinem verlängerten Ende befindet sich ein stählerner Stößer c, sowie etwas tiefer eine kleine stählerne Schneide b. R ist ein Zahnrad mit 60 eigenthümlich gekrümmten Zähnen, für dessen Axe die Platte e das Lager bildet. Auf derselben Platte e ist ein kleiner stählerner und leicht federnder Sperrhaken d festgeschraubt.

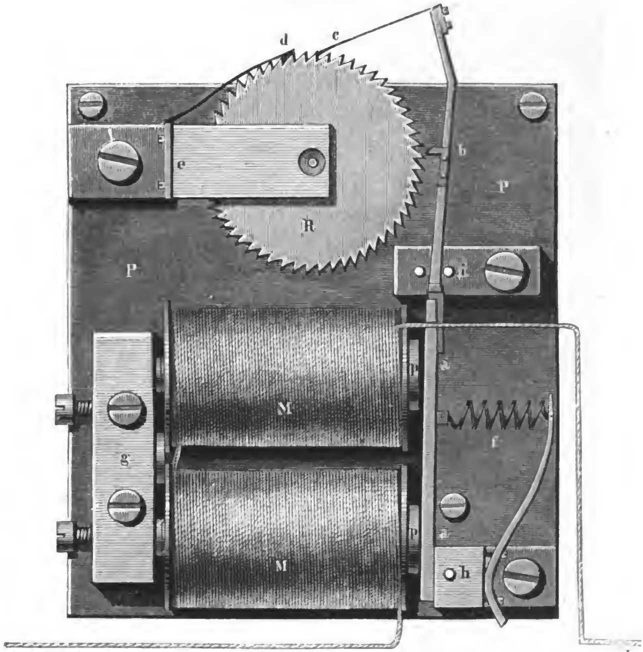
So oft ein galvanischer Strom durch die Leitung $L..L..$, also durch den Elektro-Magneten MM hindurchgeht, wird der Anker aa angezogen und durch den Stößer c ein Zahn des Rades R fortgestoßen, Die Schneide b fällt dabei sofort in eine Zahnlücke ein und verhütet, daß durch den Stoß des Stößers mehr als ein Zahn fortgestoßen werde, während zugleich der federnde Haken d über den schiefen Rücken des zu seiner Rechten liegenden Zahnes hinweggleitet und in die nächste Zahnlücke einfällt.

Wird dagegen der Strom unterbrochen, so zieht die Feder f den Anker aa wieder in seine Ruhestellung gegen den Stift i zurück, wobei der federnde Stößer c über den Rücken des rechts zunächst gelegenen Zahnes hinweggleitet und in die Lage der Figur zurückgelangt, der Sperrhaken d dagegen verhindert, daß durch den Rückgang des Stößers c das Rad R sich bewege.

Es folgt hieraus, daß bei jedem Durchgange des Stromes durch die

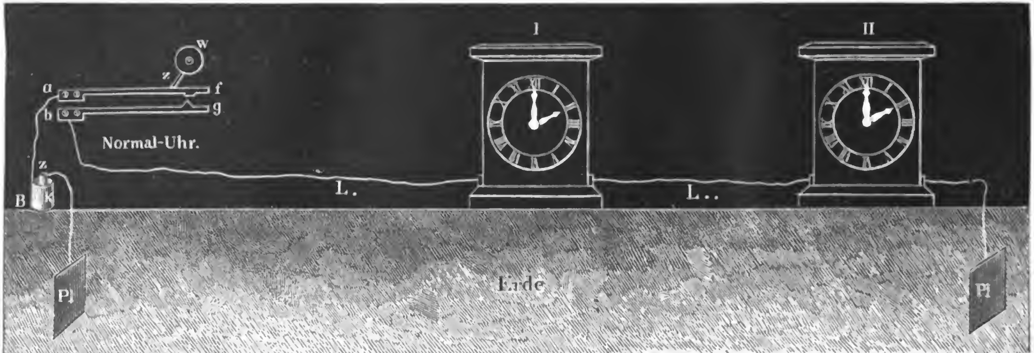
Leitung $L.\ L..$ das Rad R um eine Zahnbreite sich bewegt und daher bei 60maliger Wiederherstellung und Unterbrechung des Stromes eine volle Umdrehung erleidet.

Fig. 132.



Die einzelnen Theile dieser Uhr sind vermittelst der Platte PP im Inneren eines Mahagonikästchens festgeschraubt, dessen Vorderseite unter einem Hohlglase ein gewöhnliches Uhrzifferblatt mit Minuten und Stunden enthält. Zur Aufnahme der Leitungsdrähte $L.,\ L..$ sind an den beiden Seiten des Kästchens Klemmschrauben angebracht. Die Axe des Rades R geht durch das Zifferblatt hindurch und trägt den Minutenzeiger; eine einfache Räderübersetzung, wie sie in allen Uhren vorkommt, pflanzt die Bewegung des Minutenzeigers auf die des Stundenzeigers weiter fort. Da hiernach die Axe des Rades R, als Welle des Minutenzeigers, in jeder Minute um den sechzigsten Theil der Umdrehung sich bewegen muß, oder in jeder

Fig. 133.



Minute der Stößer *c* einen Zahn des Rades *R* fortstoßen muß, so muß auch in jeder Minute einmal der galvanische Strom auf einen Augenblick die Leitung *L. L..* durchkreisen, oder es muß die Batterie in jeder Minute einmal geschlossen und wieder geöffnet werden.

Letzteres ist Aufgabe der Normal-Uhr, die zu diesem Behufe ein Rad enthält, welches in jeder Minute einmal rundgeht.

Die Fig. 133 stellt in dem links liegenden Theile diese Welle *w* vor. Der auf derselben festgelöthete Zapfen *z* erreicht daher in jeder Minute einmal seine tiefste Stellung, in welcher er die an der Klemme *a* befestigte Metallfeder *f* gegen einen auf die Metallfeder *g* gelötheten Contactstift andrückt und dadurch die Batterie *B* schließt. Kurz nach erfolgtem Schlusse der Batterie rückt der Zapfen *z* weiter, die Federn *f* und *g* trennen sich wieder und der Strom wird unterbrochen.

Dieselbe Figur zeigt die Art der Verbindung zwischen der Batterie *B*, dem Contacte *ab* der Normal-Uhr und zwei galvanischen Uhren *I*, *II*; die letzteren erscheinen hier in der Vorderansicht; der Mechanismus ist in der Fig. 132 beschrieben.

Sobald die Normal-Uhr (jede Hausuhr kann dazu eingerichtet werden) eine Minute beginnt, drückt der Zapfen *z* die Feder *f* gegen den Contactstift *g* und schließt die Batterie. Der Strom circulirt in der Richtung *k*, *a*, *f*, *g*, *b*, *L*. zur Uhr *I*, von da durch *L*.. zur Uhr *II* u. s. w., endlich von der letzten eingeschalteten Uhr in die Erdplatte *Pl.*, durch die Erde zurück zu *Pl.* und zum Zinkpole *z* der Batterie. In allen galvanischen Uhren springt daher in Folge des Anker-Anzuges der Minutenzeiger um ein Feld weiter; gleich darauf verläßt in der Normal-Uhr der Zapfen *z* die Contactfeder *f*; sie springt zurück und der Strom ist unterbrochen; demgemäß fallen in allen galvanischen Uhren die Anker ab und nehmen ihre Ruhestellung wieder ein, während die Sperrhaken die rückgängige Bewegung der Minuten-Zeiger verhindern.

Die vorstehend beschriebenen Uhren von Siemens und Halske sind äußerst sorgfältig und elegant gearbeitet; sie gehen sehr genau und erfordern zu ihrem Betriebe bei nicht gar zu langer Leitung nur einen schwachen Strom.

100. **Das elektrische Pendel von Bain.** Dem Princip nach interessanter, aber für die praktische Brauchbarkeit von viel geringerem Werthe sind diejenigen galvanischen Uhren, welche keine Normal-Uhr voraussetzen und bloß mit Hülfe galvanischer und magnetischer Kräfte im Gange erhalten werden.

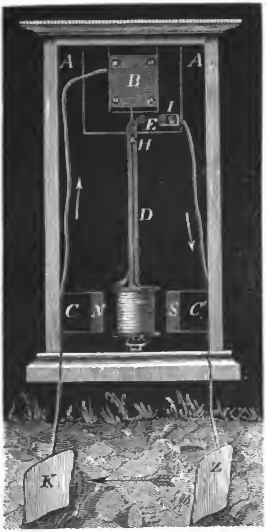
Die Fig. 134 (auf folgender Seite) zeigt eine nach diesem Princip von Bain construirte Uhr: *B* ist eine Kupferplatte, an welcher mittelst einer elastischen Feder das Pendel *D* befestigt ist. Dasselbe trägt an seinem oberen Ende auf einer zarten Metallfeder das Platinknöpfchen *E*, welches sich bei der Bewegung des Pendels nach der Rechten an die Metallplatte *I* anlegt, dagegen bei der Ruhelage des Pendels und während seiner Bewegung nach der Linken hin von *I* getrennt ist.

Zu beiden Seiten des unteren Theiles des Pendels sind zwei permanente Stahl-Magnete *CC'*, deren entgegengesetzte Pole einander zugekehrt sind, befestigt.

Unterhalb der Uhr ist eine Kupferplatte *K* und ihr gegenüber in einer kleinen Entfernung eine Zinkplatte *Z* in dem feuchten Erdreiche eingegraben; sind diese beiden Platten durch einen Schließungsdraht verbunden, so bilden sie also eine Gauß'sche Erdbatterie (§. 31).

Der vom Kupfer ausgehende Leitungsdraht ist an der oberen Platte *B*, welche das Pendel trägt, befestigt, während der andere vom Zink auslaufende Draht mit dem seitlichen Metallstück *I* verbunden ist.

Fig. 134.



Von dem unteren Ende der Aufhängefeder läuft ein sorgfältig mit Seide übersponnener Kupferdraht an der Pendelstange herab, windet sich an dessen unterem Ende über einer eingefurchten Holzspule zu einer elektrischen Spirale auf und läuft dann zu der das Platinknöpfchen *E* tragenden Feder *H* hin, mit welcher er fest verbunden wird, während diese Feder selbst und das Knöpfchen von der Pendelstange isolirt sind. Durch eine Stellschraube läßt sich die Drahtspule zur Regulirung des Pendelganges leicht auf und abwärts bewegen.

In der Ruhelage des Pendels ist die Erdbatterie nicht geschlossen und kann keinen Strom liefern, weil zwischen dem Knöpfchen *E* und der Platte *I* die Kette unterbrochen ist. Neigt man nun aber das Pendel nach der Rechten hin, so tritt *E* mit *I* in Berührung und die Erdbatterie ist geschlossen. Der Strom derselben nimmt folgende Richtung: von *K* durch den Leitungsdraht nach der Metallplatte *B*, zu der Aufhängefeder, hierauf zu der damit in Verbindung stehenden Drahtspirale des Pendels, von wo er zu der Feder *H* und dem Knöpfchen *E* gelangt; über *I* kehrt er dann zu dem Zinkpole *Z* der Erdbatterie zurück.

Die Drahtspirale wirkt nun wie ein Elektro-Magnet und die Richtung ihrer Windungen ist derart gewählt, daß sich durch den Strom der Erdbatterie an dem *S* zugekehrten Ende ein Südpol, an dem *N* zugekehrten Ende ein Nordpol bildet, und demgemäß die Spirale von dem Südpole *S* des Magneten *C'* abgestoßen, von dem Nordpole *N* des Magneten *C* angezogen wird. Das Pendel schwingt also von selbst nach der linken Seite zurück; dabei verläßt das Knöpfchen *E* die Platte *I* wieder, der galvanische Strom wird unterbrochen und die Drahtspirale wieder unmagnetisch.

In Folge des ersten Impulses, den die festen Magnete auf die Spirale ausübten, war das Pendel bis nahe an *C* gelangt und bei seinem Zurück-

weichen schwingt es in Folge des Trägheitsmomentes über die Gleichgewichtslage hinaus. Der Knopf *E* berührt dann die Platte *I* wieder und es wiederholt sich nun unter dem bloßen Einflusse der galvanischen Kraft das hin- und herschwingende Spiel des Pendels so lange, als die Erdbatterie in Thätigkeit bleibt.

Die Pendelbewegung wird auf ein gewöhnliches Räderwerk, welches den Minuten- und Stunden-Zeiger herumtreibt, übertragen.

Eine solche Uhr wurde von Bain im Anfange des Jahres 1844 zu Paris aufgestellt und veränderte, nach einem Berichte Arago's, sich binnen Monatsfrist nicht um eine Minute in ihrem Gange. Nach demselben Systeme legte Bain mehrere Uhren in den öffentlichen Gebäuden Edinburgs an, welche sich eben so gut bewährt haben. Die Uhr geht ziemlich gleichförmig, mag nun die auf sie einwirkende elektrische Strömung stärker oder schwächer sein, wenn sie nur diejenige Intensität besitzt, die zur Bewegung des Pendels überhaupt erforderlich ist. Es steht nämlich mit dem Pendel ein sinnreicher Regulator in Verbindung, welcher die Ausgleichung der Strömung bewirkt, so daß das Pendel dadurch regelmäßig hin- und herschwingt.

101. **Die elektrischen Uhren von Weare,** einem englischen Uhrmacher zu Birkenhead, Grafschaft Chester, zeichnen sich durch ihre Eleganz und ihren geringen Umfang aus. Es sind theils Pendel-, theils Unruhe-Uhren, welche ohne Gewichts- oder Federkraft unter dem bloßen Einflusse des Galvanismus in Bewegung erhalten werden.

Fig. 135.



Eine Weare'sche Pendeluhr ist in Fig. 135 abgebildet:

A ist ein Pendel, welches mit einem Graham'schen Anker oder einer anderen Hebelhemmung in das Räderwerk einer gewöhnlichen Pendeluhr eingreift. *NS* ein zweimal rechtwinklig gebogener permanenter Stahl-Magnet; *N* dessen Nordpol, *S* der Südpol.

Auf der Pendelstange sitzt ein geradliniger Elektro-Magnet *E*, der die Stelle der Linse einnimmt; er ruht auf einer schmalen Messingplatte, die nach unten zu zwei Vorsprünge *a a'* hat.

Das eine Ende des Umwindungs-

drahtes ist mit dieser Messingplatte, das andere Ende mit einem hinter der Pendelstange herablaufenden Drahte in Verbindung gesetzt. Der letztere Draht ist an der Aufhängefeder des Pendels befestigt, und steht daher mit dem von dieser Feder auslaufenden, außerhalb des Gehäuses bei dem Zinkpol *z* mündenden Verbindungsdrahte *h* in metallischem Contacte.

Fig. 136.



Der Stahl-Magnet *N S* trägt unter jedem der seitwärts vorgebogenen Polflächen eine kleine goldene Spiralfeder *f, f′*, welche beide vermittelst des Metallkörpers des Magneten *NS* und eines Verbindungsdrahtes *b* mit dem Kupferpole *K* in Verbindung stehen.

Die Batterie selbst ist in dem unteren Theile des Uhrgehäuses *B* wohl verschlossen angebracht.

Sobald nun das Pendel einem der beiden Pole, z. B. dem Nordpole *N* genähert wird, kommt die Hervorragung *a* in Berührung mit der goldenen Feder *f*; die Batterie wird dadurch geschlossen und der Strom circulirt in der Richtung *K, b, f, a* durch die Windungen des Elektro-Magneten und dem hinter der Pendelstange befindlichen Draht aufwärts zur Feder *g* und durch *h* zum — Pole *Z* zurück.

Die Windungen des Elektro-Magneten sind derart gewählt, daß bei dieser Richtung des Stromes bei *a* ein Nordpol, bei *a′* ein Südpol sich bildet. Es wird daher der nach der Linken gerichtete Elektro-Magnet, sobald man ihn frei läßt, von dem Pole *N* zurückgestoßen, und diese Abstoßung überwiegt, wegen der größeren Nähe, die von *S* nach *a′* gerichtete Abstoßung. Das Pendel schwingt daher nach der Rechten zurück, wobei sich *a* von *f* trennt und der Strom unterbrochen wird. Jene Abstoßung hört nun auf und das Pendel geht vermöge der Trägheit über die Ruhelage hinaus nach der Rechten und nähert sich dem Südpole *S*. Alsbald kommt nun *a′* mit *f′* in Berührung, die Batterie ist wieder geschlossen und die Spirale des Elektro-Magneten in derselben Richtung, wie vorhin, umkreist. Es bildet sich also wieder bei *a′* ein Südpol, bei *a* ein Nordpol, welche beide von den gleichnamigen Polen *S* und *N* abgestoßen werden. Aber nun überwiegt die Abstoßung des Südpols *S* und das Pendel schwingt nach der Linken zurück,

um dasselbe Spiel so lange zu wiederholen, als die Thätigkeit der Batterie anhält.

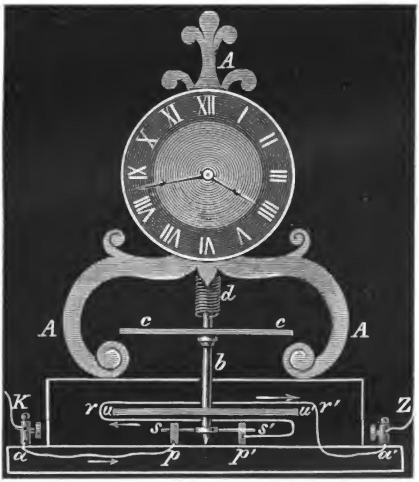
Die Pendelbewegung wird dann nach den gewöhnlichen Principien der Uhrmacherkunst auf das übrige Räderwerk übertragen.

Eine andere Art von Uhren, ohne Pendel, wurde von Weare durch die Einwirkung des Elektro-Magnetismus auf die Schwingungen einer Unruhe in folgender Weise construirt:

AAA, Fig. 137, ist das Gestelle der Uhr;

aa' zwei Säulchen, die mit den von den Polen einer Erdbatterie oder

Fig. 137.



irgend einer anderen galvanischen Batterie herkommenden Drähten *k*, *z* in Verbindung stehen;

pp' zwei Messingstifte, von denen der eine *p* mit *a* oder dem + Pole *K* in metallischer Verbindung steht;

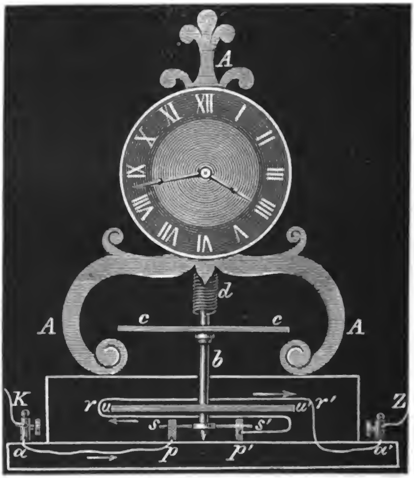
cc die Unruhe; *d* ihre Spiralfeder, welche die durch die Einwirkung des Elektro-Magnetismus aus ihrer Ruhelage gebrachte Unruhe wieder in dieselbe zurückführt;

b die Axe der Unruhe. Dieselbe trägt an ihrem unteren Ende eine kleine Magnetnadel *uu'*, welche in horizontaler Ebene zwischen den in der Ebene des magnetischen Meridians ausgespannten Drahtwindungen *rr'* eines Multiplicators frei schwingen kann. Das eine Ende des Multiplicator-

Drahtes ist mit dem Stifte *p'*, das andere aber direct durch das Säulchen *a'* mit dem — Pole *Z* der Batterie verbunden.

Auf der Axe der Unruhe sitzt unterhalb des Multiplicators ein Elfenbeinring, umgeben von einem nach beiden diametral entgegengesetzten Seiten in zwei Federn *s*, *s'* auslaufenden Golddrahte.

Fig. 138.



Wenn nun die Uhr so gerichtet ist, daß die Magnetnadel im magnetischen Meridiane steht, so schlagen die Goldfedern *ss'* eben gegen die Messingstifte *pp'* an. Dadurch ist die Batterie geschlossen und der galvanische Strom geht vom + Pole *K* aus nach *a*, *p*, *s*, *s'*, *p'* durch den Multiplicator *rr'* in der Richtung des beigesetzten Pfeiles und durch *a'* wieder zum — Pole *Z* der Batterie zurück.

Die Magnetnadel *uu'* wird also abgelenkt und die Federn *ss'* weichen von den Stiften *pp'* zurück. Der Strom ist nun unterbrochen, da zwischen *ss'* und *pp'* keine Verbindung mehr stattfindet. Durch die bloße Richtkraft der Erde, aber noch mehr durch die Spiralfeder *d*, wird die Nadel wieder in ihre vorige Lage zurückgebracht, wobei die Federn *ss'* wieder mit den Stiften *pp'* in Berührung kommen und die vorige Bewegung von Neuem eintritt.

Bei dieser Einrichtung schwingt demnach die Unruhe *cc* so lange hin und her, als die Batterie in Wirksamkeit bleibt. Das übrige Räderwerk ist

ganz wie bei einer gewöhnlichen Unruhe-Uhr; das Aufziehewerk, Feder, Trommel und Schnecke fällt natürlich ganz weg.

Die Batterie, welche Weare zum Betriebe der vorstehenden Uhren anwendet, besteht aus einer einzigen Kupferplatte oder einer verplatinirten Silberplatte von geeigneter Größe und aus zwei gleich großen amalgamirten, an mehreren Stellen durchlöcherten Zinkplatten, welche in einem Abstande von $1/2$ Zoll von der Kupferplatte angeordnet sind. Der Raum zwischen den Platten wird mit Sand, oder noch besser mit Schwamm, den man mit Sand imprägnirt hat, ausgefüllt. Die Metallplatten werden durch gläserne Stützen von einander getrennt. Die Batterie wird durch Befeuchten des Schwammes in Thätigkeit gesetzt, während durch die Löcher der Zinkplatten beständig frische Luft zuströmt. Der Sauerstoff der Luft in Verbindung mit der Feuchtigkeit wirkt elektromotorisch auf das Zink. Da jedoch reines Wasser, der Luft ausgesetzt, bald verdunstet, so ist es nöthig, eine Substanz hinzuzufügen, welche zur Feuchtigkeit große Verwandtschaft hat und dadurch dieselbe aus der Luft anzieht. Die Batterie wird daher mit Chlorkalium gesättigt.

Eine so angeordnete Batterie kann der Luft an einem trockenen Orte ausgesetzt werden, ohne die nöthige Feuchtigkeit zu verlieren. Sie liefert einen constanten Strom, hinreichend stark, die Uhr in Thätigkeit zu erhalten.

Auf eine sehr sinnreiche Weise hat Weare die an den Polen einer trockenen de Luc'schen oder Zamboni'schen Säule sich ansammelnde freie Elektricität dazu benutzt, um eine Unruhe und mit ihr ein ganzes Uhrwerk auf sehr lange Zeit in regelmäßiger Thätigkeit zu erhalten.

Zur Anfertigung der trockenen Säulen reibt Weare festes Schreibpapier auf der einen Seite mit fein geschlämmtem Graphit so lange ein, bis der letztere einen hohen Grad von Politur angenommen hat. Das erforderliche Zink wird so dünn als möglich ausgewalzt und zuletzt zwischen Blättern von Sandpapier oder einer anderen rauhen Substanz durchgezogen. Die zu runden Scheibchen geschnittenen Papier- und Zinkblättchen werden hierauf in Glasröhren zu Säulen derart aufgeschichtet, daß Zink und präparirtes Papier abwechselnd auf einander folgen und daß Zink jedesmal mit der Graphitfläche in Berührung ist. Das Ganze wird gegen atmosphärische Einflüsse durch einen Ueberzug von Schellack geschützt.

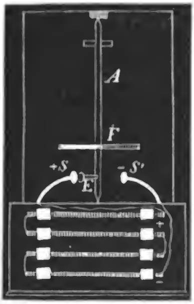
Mehrere solcher Röhren werden parallel so über einander geschichtet, daß die entgegengesetzten Pole einander zugekehrt sind.

Solche Säulen wirken in ähnlicher Art, wie die Fig. 14 abgebildete Volta'sche Säule, nur in schwächerem Grade. Bei der Volta'schen Säule war die Reihenfolge der Elemente Zink, Kupfer, feuchter Leiter u. s. w., bei der trockenen Säule ist sie: Zink, Graphit, Papier u. s. w.

Indem nun je zwei entgegengesetzte Pole dieser Säulen mit einander

verbunden werden, entsteht eine einzige große Säule, Fig. 139, deren Hauptpole in den zwei hakenförmigen Knöpfchen $S S'$ ausmünden.

Fig. 139.



F ist die Unruhe, A deren Spindel.

An dem unteren Ende der Spindel ist ein gläserner mit Schellack überzogener Arm E befestigt, dessen Ende einen kleinen vergoldeten Knopf enthält, welcher die freie Elektricität vom + Pole S zu dem — Pole S' überträgt, und umgekehrt.

Kommt nämlich dieses Knöpfchen mit dem + Pole S in Berührung, so nimmt es dessen freie Elektricität auf, wird dann von ihm abgestoßen und von dem — Pole S' angezogen. Bei der Berührung dieses letzteren giebt es die + Elektricität, mit welcher es geladen war, ab und nimmt sogleich die — Elektricität, die sich jeden Augenblick von Neuem wieder bei S' entwickelt, an, wird hierauf von S' abgestoßen und wendet sich wieder nach S.

So schwingt das Knöpfchen des Armes E und mit ihm die Unruhe ohne Aufhören so lange hin und her, als die Wirkung der Säule andauert.

102. **Die galvanisch registrirende Uhr von Locke.** Es ist für den beobachtenden Astronomen von der größten Wichtigkeit, für seine Beobachtungen und die Dauer derselben die genau entsprechende Zeit angeben zu können. Nun ist es aber für dieselbe Person äußerst schwer, bei Anfang und Ende ihrer Beobachtung ganz gleichzeitig den Stand einer Uhr abzulesen. Diesem Uebelstande wird durch die von Professor Locke in Nordamerika erfundenen galvanisch registrirenden Uhren abgeholfen, die demnach auch für die Astronomie von großer Bedeutung zu werden versprechen.

Lamont beschreibt das Wesentlichste der Einrichtung folgendermaßen: Zu einer galvanisch registrirenden Uhr braucht man als Haupttheil eine gewöhnliche astronomische Uhr mit folgender specieller Einrichtung. Die Axe, an welcher der Secunden-Zeiger festgemacht ist, trägt ein besonderes Rad mit 60 Zähnen. So oft eine Secunde springt, bewirkt ein Zahn dieses Rades eine augenblickliche Schließung einer galvanischen Kette, in welcher sich ein Elektro-Magnet befindet. In dem Momente, wo die Kette geschlossen wird, zieht der Elektro-Magnet seinen Anker an. Dabei macht ein mit dem Anker verbundenes spitziges Hämmerchen einen Punkt auf einem darunter befindlichen Papierstreifen. Da der Papierstreifen mittelst eines Laufwerkes mit gleichförmiger Geschwindigkeit sich unter dem Hämmerchen vorwärts bewegt,

so wird auf solche Weise eine Reihe von Punkten auf dem Papierstreifen entstehen, welche die Zeitsecunden vorstellen. Das Rad, welches die Schließung der Kette bewirkt, ist so eingerichtet, daß bei der sechszigsten Secunde die Schließung etwas länger dauert; es entsteht demnach bei jeder Minute auf dem Papier anstatt eines Punktes ein kurzer Strich. Auf solche Weise werden die vollen Minuten erkennbar gemacht.

Neben dem oben besprochenen Elektro-Magneten ist aber ein zweiter festgemacht, der ebenfalls mit Anker und Hämmerchen versehen ist, und einer Kette angehört, die der Beobachter beliebig schließen kann dadurch, daß er mit dem Finger auf eine Taste anschlägt. Die zwei Hämmerchen befinden sich unmittelbar neben einander, und so oft die Taste angeschlagen wird, macht das zweite Hämmerchen einen Punkt in gleicher Weise, wie das erste. Diese Punkte werden **Beobachtungspunkte** genannt. Nach der gegebenen Erklärung wird man sich den Gebrauch leicht vorstellen können. Es sei z. B. eine Sonnenfinsterniß zu beobachten, so sieht man durch das Fernrohr und hält den Finger an der Taste, bis der Mondrand die Sonne berührt. In dem Augenblicke, wo die Berührung stattfindet, schlägt man die Taste an und ein Punkt ist auf dem Papierstreifen gemacht.

Je rascher der Papierstreifen bewegt wird, desto weiter kommen offenbar die Secundenpunkte von einander abzustehen; je weiter diese aber von einander abstehen, desto leichter ist es möglich, noch ganz kleine Theile einer Secunde zu bestimmen.